

KÖRTEFAJTÁK TŰZELHALÁSSAL SZEMBENI ELLENÁLLÓSÁGA ÉS A BETEGSÉG FOLYAMATÁNAK JELLEMZÉSE NÉHÁNY BIOKÉMIAI PARAMÉTER VIZSGÁLATÁVAL

Doktori értekezés

Honty Krisztina

Témavezető: Göndör Józsefné dr., CSc

Társkonzulens: Dr. Hevesi Mária, CSc



Gyümölcstermő Növények Tanszék

Budapest
2010

**A doktori iskola
megnevezése:**

Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága:

Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

vezetője:

Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcstermő Növények Tanszék

Témavezető:

Göndör Józsefné dr.
ny. tudományos főmunkatárs, CSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcstermő Növények Tanszék

Társkonzulens:

Hevesi Lászlóné dr.
ny. tudományos főmunkatárs, CSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcstermő Növények Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Dr. Tóth Magdolna
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Göndör Józsefné dr.
A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2010 október 5-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnöke

Hrotkó Károly, DSc

Tagjai

Békefi Zsuzsanna, Phd

Bisztray György, Phd

Nyéki József, DSc

Soltész Miklós, DSc

Opponensek

Palkovics László, DSc

Kocsisné Molnár Gitta, Phd

Titkár

Békefi Zsuzsanna, Phd

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1. A körtetermesztés jelenlegi helyzete a világon és hazánkban	7
2.2. A tűzelhalás betegség eredete	9
2.3. A tűzelhalás betegség elterjedése	10
2.4. A kórokozó gazdanövényei	11
2.5. A kórokozó életmódja, fejlődésmenete, környezeti igényei	12
2.6. A betegség tünetei	14
2.7. Védekezési lehetőségek	15
2.7.1. Előrejelzési módszerek	16
2.7.2. Növényegészségügyi rendszabályok	16
2.7.3. Agro-és fitotechnikai módszerek	17
2.7.4. Növényvédőszeres védekezés	17
2.7.5. Alternatív védekezési lehetőségek	18
2.7.5.1. Szisztémikusan szerzett rezisztenciát indukáló szerek	18
2.7.5.2. Biológiai védekezés	19
2.7.5.3. Illóolajok használata	20
2.7.6. Védekezés ellenálló fajták termesztésével	20
2.8. A növényeket károsító stresszhatások	24
2.8.1. Reakcióképes oxigénformák	25
2.8.2. A védekezés biokémiai háttere	25
2.8.3. A dolgozatot tárgyát képező, a védekezésben szerepet játszó néhány enzim és anyagcseretermék áttekintése	27
2.8.3.1. Szénhidrátok	27
2.8.3.2. Peroxidázok	28
2.8.3.3. Polifenoloxidáz	29
2.8.3.4. Fenoloidok	30
3. CÉLKITŰZÉSEK	32
4. A KÍSÉRLET ANYAGA ÉS MÓDSZERE	33
4.1. Felhasznált anyagok	33
4.1.1. Baktériumtörzsek	33
4.1.2. Körtefajták	33
4.2. A fertőzések vizsgálati módszerei	34
4.2.1. Virágfertőzés	36
4.2.2. Hajtásfertőzés	36
4.2.3. Éretlen gyümölcsök fertőzése	37
4.2.4. Mikroszaporított növények fertőzése	37

4.3. Biokémiai vizsgálatok anyaga és módszerei	38
4.3.1. Kísérletbe vont fajták, növényi részek és a mintavételek	38
4.3.1.1. Gyümölcsök biokémiai vizsgálata	38
4.3.1.2. Hajtások vizsgálata	38
4.3.2. Vizsgálati módszerek	39
4.4. A kísérletek értékelése	42
4.4.1. Virágszervek fogékonyságának értékelése	42
4.4.2. Hajtások fogékonyságának értékelése	43
4.4.3. Éretlen gyümölcsök fogékonyságának értékelése	44
4.4.4. Mikroszaporított növények	45
5. EREDMÉNYEK	46
5.1. Körtefajták tűzelhalás fogékonysága	46
5.1.1. Virágfertőzés eredményei	46
5.1.2. Hajtásfertőzés eredményei	52
5.1.3. Éretlen gyümölcsök fogékonysága	61
5.1.4. Mikroszaporított növények fogékonysága	68
5.2. Biokémiai vizsgálatok eredményei	68
5.2.1. <i>Erwinia amylovora</i> fertőzés hatása éretlen gyümölcsökben	68
5.2.1.1. A biotikus stressz nyomon követése az enzimaktivitás-változásokkal	68
5.2.1.2. Az éretlen gyümölcsökben az <i>Erwinia amylovora</i> fertőzés hatására lejátszódó összes polifenoltartalom-változás	77
5.2.1.3. Az éretlen gyümölcsök szénhidráttartalmának változása az <i>Erwinia amylovora</i> fertőzés hatására	77
5.2.2. <i>Erwinia amylovora</i> fertőzés hatása konténeres oltványok hajtásaiban és leveleiben	80
5.2.2.1. A peroxidáz enzim (POD) aktivitásának változása	80
5.2.2.2. Az összes polifenoltartalom változása <i>Erwinia amylovora</i> fertőzés hatására	83
5.2.2.3. A fertőzés hatása a szénhidráttartalomban bekövetkezett változásra	86
5.2.3. <i>Erwinia amylovora</i> fertőzés hatása mikroszaporított növényekben	91
5.2.3.1. Peroxidáz aktivitás változás mikroszaporított növényekben	91
5.2.3.2. Összes polifenoltartalom változás mikroszaporított növényekben	92
5.3. Új tudományos eredmények	93
6. MEGVITATÁS, KÖVETKEZTETÉSEK	94
6.1. A körtefajták tűzelhalás fogékonysága	94
6.2. A biotikus stressz nyomon követése biokémiai markerekkel	99
7. ÖSSZEFOGLALÁS	109
8. SUMMARY	112
M1 IRODALOMJEGYZÉK	115
M2 TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK	124
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	147

1. BEVEZETÉS

Magyarországon a 80-as évek 100 ezer tonnát meghaladó körtetermése az utóbbi években 30-40 ezer tonnára csökkent, illetve néhány évben még ezt a mennyiséget sem érte el. Az 1996-ban jelentkező tűzelhalás okozta nagy ültetvénykivágások miatt az üzemi termőfelület szintén jelentősen csökkent. Bár ezt követően a termőterület növekedni kezdett, de az országos termés a hazai lakosság fogyasztási igényeinek kielégítésére sem elegendő. A körteimport aránya indokolatlanul nagy ütemben növekedett az elmúlt években, miközben a hazai árukínálat nem növekszik.

Az *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. az egész világon óriási problémát jelent. A tűzelhalás a legnehezebben leküzdhető betegségek közé tartozik, az ellene való védekezés a mai napig nem megoldott. A növényvédőszeres védekezésre alkalmas készítmények köre szűk, és ezek közül is a leghatásosabbnak ítélt sztreptomycin használatát az Európai Unió humánegészségügyi okok miatt tiltja. A betegség leküzdésében az elmúlt években előtérbe kerültek az alternatív és biológiai védekezési módszerek. Emellett a védekezés egyik költségkímélő lehetőségét az ellenálló fajták alkalmazásától várhatjuk. Mindenképp szükséges lenne a világszerte indokolatlanul leszűkült fajtahasználat megújítása.

Több irodalomban találhatunk adatokat a fajták *Erwinia amylovora*-val szembeni ellenállóságáról, de ezek nem biztos, hogy hazai viszonyok között is megállják a helyüket. Ennek okai az eltérő ökológiai körülmények és az eltérő baktériumtörzsek lehetnek. A fentiek tükrében célul tűztük ki a körtefajták fogékonysági fokozatainak meghatározását. E baktérium hazánkban karantén kórokozó, ezért szabadföldi teszteléseket végezni nem lehetséges. A kísérletek a Budapesti Corvinus Egyetem, Gyümölcstermő Növények Tanszékének akkreditált *Erwinia*-laboratóriumában 1999-ben kezdődtek, melybe én Ph.D. hallgatóként 2001-ben kapcsolódtam be. A kutatást K+F (110-a/2001) és OTKA pályázat is támogatta (T035120).

A kórokozóval történő fertőződés hatására a növényekben reaktív oxigén gyökök képeződnek, melyeket az antioxidáns enzimek, illetve fenolok és nem enzimatisz védő vegyületek hatástalanítanak. A biotikus stressz hatására az enzimek és egyéb anyagcseretermékek pl. fenolok változásáról a szakirodalom eltérő eredményeket közöl. Ezért fontos feladatnak tűnt a fertőzés hatására létrejövő gazdaválasz nyomon követése biokémiai markerekkel. Az ezzel kapcsolatos kísérleteket a Genetika és Növénytermesztés Tanszéken, valamint az Alkalmazott Kémia Tanszéken végeztük. A kísérletekhez segítséget nyújtott egy OTKA pályázat (T 043279).

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A körtetermesztés jelenlegi helyzete a világon és hazánkban

A mérsékelt égövi gyümölcsfajok közül a körte – az almát követve – a második helyen áll. A világon megtermelt körte mennyisége 15-20 millió tonna körül ingadozik, növekvő tendenciát mutatva, 2009-ben pedig megközelítette a 22 millió tonnát (FAO, 2009). A termés 68%-át Ázsiában, kb. 20%-át Európában termelik. Ázsia 1995 óta megduplázta termésmennyiségét. A termesztett fajták a *Pyrus pyrifolia*, *P. ussuriensis* és *P. communis* fajokból kerülnek ki. A vezető körtetermesztő ország Kína, Ázsia termésmennyiségének kb. 85%-a, míg a világ körtetermesztésének több, mint 50%-a innen származik (Gemma, 2007).

Európa termésmennyisége viszonylag stabil, az elmúlt években 2,5 millió tonna körül mozog. A két vezető termesztő ország Olaszország és Spanyolország, az összes európai termés 60%-át itt termesztik. Az európai körtetermesztésben élenjár Olaszország, termésmennyisége 900 ezer tonna körül stabilizálódott az elmúlt években. Itt a termesztés két fő problémája (az 1995-ben megjelent tűzelhalás és a „brown rot” gombabetegség) sem változtatta meg lényegesen a termésmennyiséget. Olaszország fő termesztő körzete Emilia-Romagna, az itt termelt körte mennyisége mintegy 70%-a az országos mennyiségnek. Spanyolország termése 600 ezer tonna körül mozog. Franciaország termésmennyisége viszont csökkenő tendenciát mutat, és ebben az egyik fő fajtájuk – a 'Nemes Krasszán' – a tűzelhalás betegségre való nagyfokú fogékonysága döntő szerepet játszik. Belgium és Hollandia termésmennyisége is meghatározó az európai piacon, itt a termőfelület növekedése tapasztalható az elmúlt években (Deckers, 2007). Portugália termésmennyisége évről-évre növekszik, bár 2007-ben egy óriási fagykár hatalmas termés-csökkenést okozott. A termőfelület folyamatosan nő, ami az Európai Unió által támogatott új telepítéseknek köszönhető. A termesztés érdekessége, hogy gyakorlatilag egyetlen fajtára ('Rocha') alapozódik.

Az európai fajtaösszetétel 50%-át gyakorlatilag három fajta: az európai fő fajta, a 'Conference', a világon legnagyobb arányban termesztett 'Vilmos' és az Olaszországban legfontosabb 'Fétel apát' adja (Prognosfruit, 2009, 1. ábra). Ez az arány az elmúlt 10 évben lényegesen nem változott, annak ellenére, hogy a különböző nemesítési műhelyek számos új fajtát mutattak be.

Az amerikai kontinensen belül Dél-Amerika átlagosan 900 ezer tonna körtét termel. Legjelentősebb körtetermelő országa Chile és Argentína. Ez utóbbi ország ökológiai feltételei kedvezőek a körte termesztésének, ezért az elmúlt években a termőfelületet folyamatosan növelték. A legfontosabb fajta itt a 'Vilmos' (50%), ezt követi a 'Packham's Triumph' és az

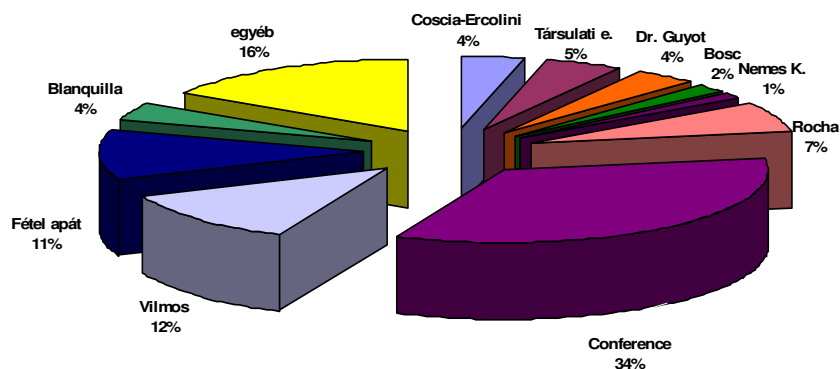
'Anjou'. Chilében a termőterület az utóbbi időben folyamatosan csökken; fő fajtájuk a 'Packham's Triumph', ezt követi a 'Bosc kobak'. A két ország a termésének nagy részét exportálja (pl. Argentína 85%-át), mind friss gyümölcsként – mely áru nálunk is megjelenik – , mind sűrítmenyként (Sánchez, 2008).

Észak-Amerika szintén átlagosan 800 ezer tonna körtét termel évente. Legnagyobb körtetermelő országa az USA, mely a termőfelület 80%-át és a termés 95%-át adja. Mexikóban van az összes termőfelület 15%-a és a termés 3%-a. Bár Kanadában a felület csupán 5%-a és az észak-amerikai kontinens körtetermésének csupán 3%-a található, mégis igen jelentős nemesítési munka folyik a harrow-i intézetben. Az Egyesült Államokban a körtetermés 60%-át friss gyümölcsként fogyasztják, a legfontosabb fajták a 'Vilmos' (42%), az 'Anjou' (33%) és a 'Bosc kobak' (8%; Seavert, 2005; Mielke, 2007).

A világ körtetermésének 3%-át termesztik Dél-Afrikában; fő fajtái a 'Vilmos', a 'Packham's Triumph', a 'Pisztráng', a 'Rosemarie', a 'Bosc kobak' és a 'Társulati esperes'. Az újabb telepítésekben pedig nagy arányt képvisel a 'Fétel apát' és a 'Packham's Triumph'. A termés 45%-át exportálják, a célországok között is nagy arányt képvisel az Európai Unió (61%) és az Egyesült Királyság (22%) (Theron et al., 2007). Ausztrália évente átlagosan 150 ezer tonna körtét termel, Új-Zéland termése viszont ennek csak 13%-a. Az előbbi ország fő fajtái a 'Vilmos' és a 'Packham's Triumph', utóbbié a 'Bosc kobak' és a 'Társulati esperes'. Új-Zéland a termés 30%-át exportálja, főként az USA-ba és az EU országaiba (Palmer és Grills, 2007). Emellett nagyon jelentős nemesítési munkát folytatnak, fajtáikat elsősorban interspecifikus hibridizációval állítják elő, színesítve így a fajtakinálatot.

Magyarországon a 80-as évek 100 ezer tonnát meghaladó körtetermése az utóbbi években 30-40 ezer tonnára csökkent, illetve néhány évben még ezt a mennyiséget sem érte el. A 90-es éves végére az üzemi termőfelület 4289 ha-ról jelentősen csökkent 1200 ha körüli felületre. Ennek a radikális csökkenésnek egyik oka az 1996-ban jelentkező tűzelhalás okozta ültetvénykivágási kényszer volt (Göndörné, 2000). A fagykár is hozzájárult a jelentős termés kieséshez. Ez jellemezte a 2007-es évet is, amikor az április végi - május elejei erős lehűlések miatt csak 11 ezer tonna gyümölcsöt szüreteltek. Mára a termőfelület szerencsére 3000 ha körüli területre növekedett (FruitVeb, 2009).

A termesztett fajták arányát nehéz megbecsülni. Egyik legjelentősebb fajtánk a 'Bosc kobak', emellett nagy arányban van jelen a 'Vilmos'. A 'Hardenpont téli vajkörte' aránya az utóbbi években jelentősen visszaesett. Mind a frissen fogyasztott, mind a feldolgozott körteimport aránya indokolatlanul nagy ütemben növekedett az elmúlt években, miközben a hazai árukínálat nem növekszik. Étkezési körtéből 2003-ban 1590 tonnát, 2005-ben már 6900 tonnát hoztunk be, míg exportunk 2005-ben csupán 179 tonnát ért el (FruitVeb, 2007).



1. ábra. Az Európai Unióban termesztett körtefajták %-os megoszlása (forrás: Prognosfruit, 2009)

2.2. A tűzelhalás betegség eredete

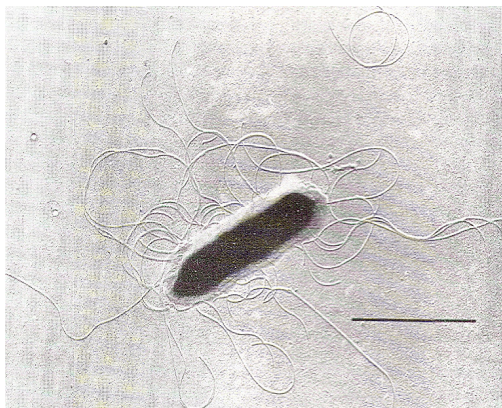
Az *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. baktérium okozta tűzelhalás kétségtelenül az almatermesű gyümölcsfajok legrégibb, legveszélyesebb betegsége. „Valószínűleg a gyümölcsfáknak közel sincs még egy olyan veszedelmes betegsége, mint a tűzelhalás. Egy betegség sem hiúsította még meg az összes arra irányuló kísérletet, hogy megfelelő gyógykezelést találjunk ellene”. M. B. Waite így nyilatkozott a betegségről, és a védekezéséről 1895-ben. Ez a kijelentés több mint 100 évvel később is megállja a helyét: hatalmas előrelépést tettek az elmúlt 35 évben, hogy megértsék a betegséget járványtani szempontból, de mindennek ellenére a tűzelhalás ma is hatalmas károkat okoz az alma- és körteültetvényekben, és minden évben több millió dolláros gazdasági hiányt idéz elő (Thomson, 2000).

Az első írásos feljegyzések a betegségről 1780-ból származnak, amikor azt New York államban egy körteültetvényben észlelték. Burrill 1882-ben publikálta először, hogy az elhalást okozó patogén szervezet a *Micrococcus amylovorus*, de ő nem izolálta a baktériumot. Az izolálást elsőként Joseph C. Arthur végezte el 1884-ben és kísérletben bizonyította, hogy a betegség közvetlen okozója egy baktérium.

Az *Erwinia* nemzetség, ill. *E. amylovora* faj megjelölés Winslow et al. (1920) nevéhez fűződik, ettől kezdődően a kórokozó neve *Erwinia amylovora* (Burr.) Winslow et al., amit 1923-tól az Amerikai Bakteriológiai Társaság hivatalosan is elismert (van der Zwet és Beer, 1995).

Az *Erwinia amylovora* Gram-negatív baktérium az *Enterobacteriaceae* családba tartozik, peritrich flagellákkal rendelkezik (2. ábra). Sejtmérete 1,0-2,5 µm x 0,8-1,2 µm. Fakultatív anaerob, a glükózt aerob és anaerob körülmények között egyaránt képes bontani. Rendelkezik egy pEA29 plazmiddal, ennek a 29 kb plazmidnak a patogenitásban van szerepe

(Goodman et al., 1991).



2. ábra. Az *E. amylovora* baktérium
(Goodman, R.N. nyomán) 1:25000 nagyítás

2.3. A tűzelhalás betegség elterjedése

A XVIII. század végétől az *Erwinia amylovora* egyre nagyobb mértékű elterjedéséről folyamatosan rendelkezésünkre állnak adatok. Az Amerikai Egyesült Államokban a betegség 135 év alatt az ország összes államában megjelent. Kanadában 1870-ben számoltak be először a kórokozóról, Mexikóban 1921-ben, Guatemalában 1968-ban jelent meg először alma- és körteültetvényekben. Japánból 1903-ban érkeztek először jelentések a betegségről, ezt követően Új-Zélandon (1921) ütötte fel a fejét, ahol alma, körte, birs és galagonya növényeket károsított (Bonn és van der Zwet, 2000).

A kórokozót az 50-es évek végén kezdték el behurcolni szaporítóanyaggal Észak-Amerikából a többi kontinensre; először nyugat Európába (Anglia, 1957) és Észak-Afrikába (Egyiptom). E két új helyszínről alig 50 év alatt 39 országban jelent meg a kórokozó. Japánban, 1992-ben egy új baktériumos hajtásszáradásról számoltak be ázsiai körtén, amit *E. amylovora* pv. *pyri* néven írtak le. 1999-ben Dél-Koreában az előzőhöz hasonló eseteket jegyeztek le, a kórokozót *Erwinia pyrifolia*-nak nevezték el (van der Zwet, 2006). Ausztráliában 1997-ben izolálták először a kórokozót a melbourne-i Royal Botanical Garden-ből (Rodoni et al., 1999).

A kórokozót a mai napig összesen 46 országban észlelték. Európában Szlovénia volt az utolsó *Erwinia* mentes ország, míg 2001-ben itt is megjelent elszórtan egy-egy fertőzési góc, majd 2003-ban nagyobb járványról számoltak be (Dreo et al., 2006).

Az 1980-as évek közepétől a betegség balkán-félszigeti előretörését, csehországi, jugoszláviai és romániai fellépését követően komolyan számítani lehetett a hazai megjelenésre. Magyarországon 1995 késő őszén lombhullás után és 1996 kora tavasszal (rügyfakadás előtt) Kecskemét termesztési körzetében (Nyárlőrinc) levő almaültetvényekben észlelték először a tűzelhalás tüneteit és Hevesi Mária azonosította az *Erwinia amylovora*

karantén baktériumot (Hevesi, 1996). A fertőzések Békés, Bács-Kiskun, Csongrád megyékre koncentráálódtak, de Németh és munkatársai Baranyában is regisztráltak fertőzött gócot (1996). 1997-ben két újabb megye (Zala és Szabolcs-Szatmár-Bereg) vált jelentős áldozattá és további megyékből is jelentettek akkor még nem számottevő fertőzéseket. A hazai megjelenés után két évvel a fertőzésmentes megyék száma mindössze Vas és Nógrád megyére korlátozódott (Németh, 1999). A következő járványos évben (2000) 3263 ha alma-, 452 ha körte- és 65 ha birsültetvény volt fertőzött, ami összesen 3780 ha-t tett ki (Pálfi et al., 2000). A következő években nőtt a fertőzött terület Szabolcs-Szatmár-Bereg, és Borsod-Abaúj-Zemplén megyében is (Merő, 2004; Csete et al., 2004). Az ezt követő években az időjárási körülmények nem kedveztek a baktérium terjedésének, majd 2007-ben több megyében – köztük Fejér megyében – újabb erős fertőzésről számoltak be (Dénes, 2007). Mára már egyik megye sem mentes a kórokozótól.

A közel egyidőben fellépett járványok (Ausztria 1995, Magyarország 1996) indokoltá tettek járványtani kutatások végzését. Több magyarországi és osztrák *E. amylovora* izolátum genetikai összehasonlítása megtörtént. A pEA29 plazmid ATTACAGG szekvenciájának analízise azt mutatta, hogy az osztrák törzsek domináns populációjában (94%) ez a szakasz 10-14-szer ismétlődik. A magyar izolátumok 5 csoportra voltak bonthatók, ahol ez a szekvencia 4, 5, 6, 7, 9-szer ismétlődött és az izolátumok domináns populációja (75%) a 4-szer ismétlődő szekvencia-csoportba tartozott. Ez a genetikai különbség rámutatott arra, hogy az osztrák és magyar izolátumok eredete nem volt közös, vagyis a betegség nem Ausztriából terjedt Magyarországra és viszont (Keck et al., 1997; Keck et al., 2002).

2.4. A kórokozó gazdanövényei

A kórokozó a *Rosaceae* család 40 nemzetségének mintegy 200 növényfaján fordul elő. Gazdanövényei közül kereskedelmi szempontból a *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Cydonia*, *Malus*, *Pyrus*, *Photinia*, *Pyracantha* és *Sorbus* nemzetséghez tartozó fajok a legfontosabbak. Az Észak-Amerikában honos berkenye, galagonya, vadkörte és vadalma fajokon feltehetően régóta károsít, onnan terjedt át a bevándorló telepések által betelepített európai alma- és körtefajtákra (van der Zwet és Beer, 1995). A dísznövény mirtuszgalagonya (*Stranvaesia davidiana*) és a fagyérzékenysége miatt Magyarországon nem termesztendő japán naspolya (*Eriobotrya japonica*) hazánkban kevésbé ismert gazdanövényfajok. A mirtuszgalagonya hazánkban jelenleg behozatali tilalom alá esik. *Rosa* fajokat ért hazai károsításról szóló információk még nem egyértelműek (Németh, 1997). Az Amerikai Egyesült Államokban viszont a tüskétlen szederről és málnáról is izoláltak *E. amylovora* baktériumtörzseket (Schnabel és Jones, 2001). A betegség nem korlátozódik kizárólag az almatermésű fajokra,

mert a japán szilva (*Prunus salicina*) fiatal hajtásainak természetes fertőződését már 1993-1994-ben megfigyelték. Szabadföldi kísérletekben a japán szilva, a kajszi, a szilva és a cseresznye éretlen gyümölcsein is megjelentek a tünetek (Bubán, 2004). Szilva és kajszi hibridjén (Pluot®) hajtásszáradásról számoltak be az USA-ban (Mohan, 2007), valamint Csehországban kajszi természetes fertőződéséről is publikáltak (Korba és Sillerova, 2010).

A közelmúltban (1998) különböző földrajzi régiókból származó gazdanövényekről izolált, összesen 16 *Erwinia amylovora* izolátum genetikai diverzitását tisztázták. A *Maloideae* alcsaládból, valamint a *Rosoideae* alcsaládból (*Rubus*-okról) származók alkotnak egy-egy olyan csoportot, amelyek a gyümölcs- és dísnövénytermesztést közvetlenül érintik (Bubán, 2004).

2.5. A kórokozó életmódja, fejlődésmenete, környezeti igényei

A fertőzéseket elsődleges és másodlagos fertőzési ciklusokra lehet bontani (van der Zwet és Keil, 1979).

Elsődleges fertőzés:

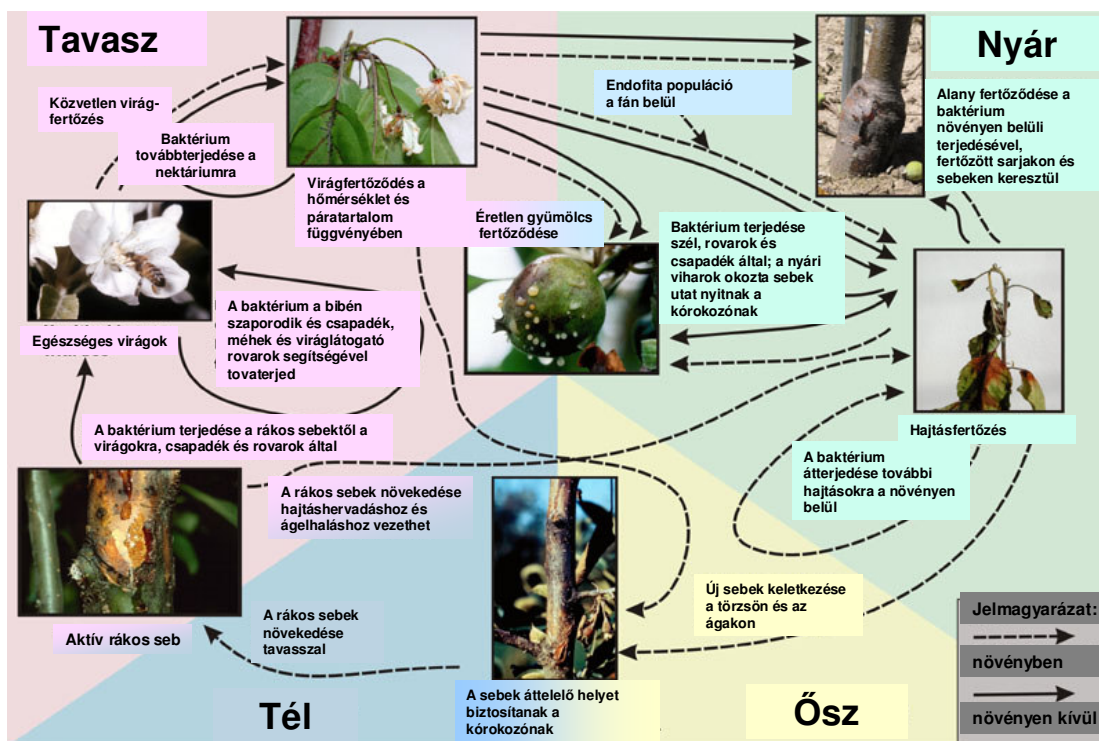
Az epifiton formában a fa felületén, vagy a rügypikkelyek alatt meghúzódó baktériumok nagy része a tél folyamán elpusztul, de a fekélyes sebeken áttelelt, életben maradt baktériumok tavasszal ismét szaporodásnak indulnak.

Mikor megindul a nedvkeringés, a felszaporodott baktériumok tömege baktériumnyálka formájában a felszínre tör. A virágok szöveteibe a kórokozó a természetes nyílásokon (nektáriumok nektáriumkiválasztó nyílásai, bibe, portok természetes nyílása, csészelevelek légrései) keresztül jut be. A baktériumsejtek a rovarok, madarak, metszés, szétfröccsenő eső és a szél útján terjednek a gazdanövény környezetében és az ültetvényben, majd kerülnek a virágra. A virágfelületen megjelennek a baktériumnyálka cseppek, amelyekből a baktériumsejteket az esőcseppek és a viráglátogató beporzó rovarok terjesztik tovább. Az első látható tünetek általában a fertőzés bekövetkezése után 2-4 hét múlva jelennek meg. A kórokozó a sejtközzötti járatokban szaporodik. A virágzatból a virágkocsányon át a vesszőkbe majd az ágakba hatol. Itt az időjárástól és a szövetek fogékonyságától függően halad előre, majd végül kialakulnak a fekélyes sebek.

Másodlagos fertőzés:

Az elsődleges fertőzés során keletkező inokulum tömeg a fenológiai fázistól, valamint az időjárási körülményektől függően további fertőzéseket idéz elő. A másodlagos fertőzések a vegetációs időben bármikor bekövetkehetnek. Fertőzési forrás lehet a hajtásokon, leveleken, gyümölcsökön és nagyobb ágakon keletkező baktériumnyálka, illetve a megszilárdult nyálkaanyag által összeragasztott baktériumsejtekből létrejött úgynevezett fonalas struktúra is.

A baktériumfonalak a szél segítségével nagyobb távolságokra is eljuthatnak. Másodlagos fertőzésre különösen érzékenyek a másodvirágzatok és a növekedésben levő hajtások. A zsenge hajtások fertőződése a sebzéseken és a természetes nyílásokon egyaránt végbemehet. Minél idősebb növényi szövet felé halad a fertőzés, annál lassabb a szaporodása. Az éves folyamat végén a fertőzött szövetek elhalnak és kialakulnak a rákos sebek. Ekkor a baktériumsejtek nagy része elpusztul, az életben maradt sejtek azonban áttelelnék és tavasszal újabb fertőzési forrásként szolgálnak (3. ábra).



3. ábra. A tűzfelhalás fejlődési ciklusa

(http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/disease_descriptions/fire_blight_disease_cycle.htm)

Az időjárási tényezők közül valószínűleg az eső szerepe a legjelentősebb. Az esőcseppek (harmat, vagy erős köd) lemossák a növény felületén lévő epifita formában vagy baktériumnyálkában lévő kórokozót a fa alacsonyabban levő részeire, másrészt a szél továbbította vízcseppben az inokulum közelebbi-távolabbi gazdanövényekre jut. Az eső indirekt hatása abban nyilvánul meg, hogy a virágban a baktérium szaporodását gátló koncentrált nektárt a permetező eső felhígítja, így optimális közeg alakul ki a kórokozó fejlődéséhez. A fertőzésre kedvező körülmények a virágzás kezdetén, valamint az intenzív hajtásnövekedés időszakában akkor vannak, amikor a napi középhőmérséklet magasabb, mint 18°C, a napi csapadék több mint 2,5 mm, a relatív páratartalom pedig 70% felett van (Németh, 1997).

2.6. A betegség tünetei

A betegség jellegzetes tüneteit van der Zwet és Keil (1979) írta le.

Virágelhalás:

A vegetáció során általában először a virágfertőzés tünetei jelennek meg. A fertőzött virágszövet először vízzel átitatott lesz, majd hervad, szárad és barnás-fekete lesz. A csészeleveleken, virágkocsányokon is vízzel átitatott foltok észlelhetők, meleg, párás időben rajtuk a betegségre jellemző baktériumnyálka (exudátum) jelenik meg. Exudátum képződés hiányában a virágzat megbetegedése csak a virágzás után állapítható meg egyértelműen, mert a fertőzött, megbarnult, megfeketedett virágok és terméskezdemények a fán maradnak. Sokszor a fertőzött virágzaton belül egy-két virág egészséges marad, de később a gyümölcskezdemény a kocsányon keresztül szisztémikusan fertőződik. A virágzaton kiváló exudátum cseppek egyben a hajtás fertőzésének is forrásai.

Hajtás- és levélelhalás:

A betegség nagy részét a hajtáselhalás teszi ki. A tünetek a virágfertőződéshez hasonlóak azzal a különbséggel, hogy a fertőzés sokkal gyorsabb, akár 15-30 cm/nap sebességgel is terjedhet és különösen kedvező időjárás esetén a napi 50-70 cm-t is elérheti. A hajtások a csúcs, vagy az alap felől szisztémikusan fertőződnek. A hajtáscsúcs pásztorbatszerűen visszagörbül, megbarnul, elszárad. Meleg, párás időben a hajtáson baktériumnyálka cseppek jelennek meg. A fertőzés gyorsan halad előre, gyakran eléri a vesszőket, gallyakat is. A levél fő- és mellékerei kezdetben vörösek lesznek, később feketévé válnak. A fertőzött hajtásokról a megbarnult levelek nem hullnak le. A vegetáció későbbi szakaszában, amikor a növények növekedése erősen lelassul, a fertőzés csak a hajtások végére korlátozódik, és a már megfásodott hajtásvégek pásztorbatszerű meghajlása nem következik be.

Gyümölcselhalás:

A kifejlődő kis gyümölcsök belsőleg szisztémikusan fertőződnek, ilyenkor vizenyősek lesznek, rajtuk exudátum cseppek jelennek meg, megfeketednek, mumifikálódnak és a fán maradnak, vagy lehullanak. A kifejlődött termések a bőrszövet paraszemölcssein, sérülésein, valamint a fertőzött vesszőből, gallyból a kocsányon keresztül egyaránt fertőződhetnek. A kifejlődött gyümölcsön megjelenő tünetek hasonlóak a fiatal gyümölcsökéihez.

Ág- és törzselhalás:

Az ágakon fertőzött vízajtások, kisebb elágazások alapi részénél alakulnak ki olyan rákos, fekélyes sebek, amelyek a kórokozó áttelelését szolgáztatják. Az ágakban és a törzsekben gyorsan előrehaladó fertőzés hatására a felületen esetenként bőséges exudátum válik ki, amely végigfolyik az ág és a törzs felületén. Kísérő tünetek lehetnek a kéreg kis

repedései is. Az ágak kérgének eltávolítása után a fás részen gyakran jellegzetes vöröses-barna csíkozottság is megtalálható (4. ábra).

Gyökérnyak- és gyökérelhalás:

A tűzelhalásnak ez a két típusa a legveszélyesebb és gyakran okozza az egész fa pusztulását. A fertőzés a gyökérnyakból jut a gyökerekhez, de az is előfordul, hogy ez az irány fordított. A fertőzés a fiatal sarjhajtásokból, az egyéb föld feletti fa részekből az edénynyalábrendszeren keresztül szisztemikusan lejutó, vagy a fakoronából az ág és a törzs felületéről lemosódó baktériumok okozzák.



4. ábra. A tűzelhalás tünetei körtéfaikon (virág/hajtáselhalás és törzselhalás; fotó: Honty Krisztina, 2005)

2.7. Védekezési lehetőségek

Az *Erwinia amylovora* okozta tűzelhalás betegség – mint általában a bakterózisok – a legnehezebben leküzdhető betegségek közé tartozik, mintegy kétszáz éves ismertsége ellenére az ellene való védekezés hatékonysága mind a mai napig nem kielégítő. Csak a védekezési módszerek (növényegészségügyi rendszabályok, agrotechnikai elemek, növényvédőszeres védekezés, biológiai védekezés, rezisztens és toleráns fajták termesztése) összességének integrált alkalmazása hozhat eredményt (Sobiczewski et al., 1997). Utóbbi évtizedben egyre inkább előtérbe kerülnek a különböző növekedésszabályozó anyagok-, az indukált rezisztenciát fokozó szerek használata, valamint a környezetkímélőbb védekezési lehetőségek.

2.7.1. Előrejelzési módszerek

A vegetációs időszakban alkalmazott növényvédőszeres védekezések hatékonysága nagymértékben függ a permetezések időzítésétől, mivel megfelelő hatása csak az időben, megelőző jelleggel alkalmazott kezelésnek van. A vegetáció során, különösen a virágzás alatt programszerűen elvégzett kezelések feleslegesek, ha az időjárási körülmények nem kedvezőek az inokulum felszaporodásához, a fertőzés létrejöttéhez és a betegség kifejlődéséhez. A jelenleg ismert modellek közül Európában a Billing-féle (Firescreens) és azon alapuló rendszerek terjedtek el leginkább, míg az USA-ban a Maryblyt rendszer.

A Billing-féle integrált rendszer (BIS95) a kórokozó napi szaporodási ütemére alapozott becslésen és a csapadék mérésén alapul. A módszer a fertőzés szempontjából veszélyes napokat az ültetvényből származó adatok alapján határozza meg: így a fák és az egyéb lehetséges gazdanövények virágzási adatait, a hőmérsékleti értékeket, a virágokat aktuálisan nedvesítő harmat és köd képződését, az esőre vonatkozó adatokat, a virágokat és a fiatal zöld szöveteket károsító viharok előfordulását, valamint egyéb sebzéseket okozó hatásokat, illetve az ültetvény fertőzöttségi szintjét veszi alapul. Fontos ezeken kívül a gazdanövények fogékonysága.

A Maryblyt modell többnyire időjárási adatokon alapul. A fertőzés előrejelzéséhez a következő paraméterek ismeretére van szükség: kinyílt virágok és egyéb fenológiai adatok, hőfok órák ($>18,3^{\circ}\text{C}$) halmozott összege, 2,5 mm-nél több csapadék, $15,6^{\circ}\text{C}$ -nál magasabb átlagos napi hőmérséklet, valamint az epifiton inokulum-potenciál ismerete. A Maryblyt rendszer az utóbbi évek tapasztalatai alapján pontosnak bizonyult a virágelhalás megjelenésének előrejelzésében, másrészt csökkenti a felesleges permetezések számát (Sobiczewski et al., 1997).

2.7.2. Növényegészségügyi rendszabályok

Szaporítóanyag előállítás, forgalmazás esetén alapvető követelmény a fertőzésmentesség. A karantén rendszabályok a betegség bármilyen formában történő behurcolását igyekeznek megakadályozni. Egyes nyugat-európai országok megtiltják néhány különösen fogékony gazdanövény termesztését. Ezek közé tartoznak a *Cotoneaster bullatus*, a *C. salicifolius* és a *C. watereri*.

Az olasz faiskolákban a galagonyákat (*Crataegus monogyna*, *C. oxyacantha*) 2001-től megsemmisítették, és már nem szaporítják. Nem tartozik szorosan a növényegészségügyi rendszabályok közé, de itt említendő meg a méhcsaládok vándoroltatásának szabályozása. Azon európai országokban szabályozzák ezt a kérdést, ahol a kórokozó még nem általánosan

elterjedt.

A betegség bejelentés köteles, azaz fellépése, vagy annak gyanúja esetén értesíteni kell a területileg illetékes mezőgazdasági szakigazgatási hivatalt. A hatóság zárlati intézkedéseit maradéktalanul be kell tartani (Németh, 1997).

2.7.3. Agro- és fitotechnikai módszerek

Talán a legkézenfekvőbb és legrégebb védekezési mód a fertőzött növényi részek eltávolítása és megsemmisítése. A beteg hajtást 40-60 centivel a fertőzött rész alatt kell levágni. Ez feltételezi az ültetvény folyamatos ellenőrzését is. Ajánlott a kései, vagy másodvirágzásból származó virágok eltávolítása akkor is, ha azok egészségesnek látszanak, mert ezek megjelenési időszakában a virágfertőzés környezeti feltételei sokkal inkább adottak, mint a normál virágzás időpontjában. A virágzási időben megjelent fertőzött virágokat szintén el kell távolítani és meg kell semmisíteni (van der Zwet és Beer, 1995).

A tápanyag-utánpótlásnál szem előtt kell tartani, hogy a túlzott nitrogén trágyázás elősegíti az intenzív hajtásnövekedést, meghosszabbítva ezáltal azt az időszakot, amikor a növények fokozottan fogékonyak a fertőzésre. Ennek figyelembevételével szerencsésebb, ha a nitrogén műtrágyadózist megosztva juttatják ki. Metszésnél törekedni kell a túl erős metszés kerülésére, mivel a fejlődő vízhajtások könnyen fertőződnek (Németh, 1997). Fertőzött növényi részek eltávolításakor vagy fertőzött ültetvények kezelésekor a technológiai eszközök fertőtlenítése különösen fontos (Sobiczewski et al., 1997).

Az egészséges szaporítóanyag biztosításának egyik módja a hőkezelés alkalmazása. Tíz *E. amylovora* törzset képviselő valamennyi baktérium elpusztult 40°C hőmérsékleten 23 óra alatt (Keck et al., 1990). Egy másik *in vitro* vizsgálatban nyolc baktériumtörzs hőhalálához 45°C-on 70 percre, 50°C-on 50 percre volt szükség (Keck et al., 1993). Alma és körte oltócsapok három órás forró fürdője 45°C-on sikeresnek bizonyult a fertőzőtség teljes kiküszöböléséhez. Az eljárás hatékonyságát azonban kérdésessé teszi, hogy a rügyek hogy reagálnak a kezelésre (Sobiczewski et al., 1997).

2.7.4. Növényvédőszeres védekezés

A réz készítményeket – hasonlóan más baktériumos betegségekhez – szintén alkalmazzák tűzelhalás ellen. Leggyakoribb a rézhidroxid, a rézsulfát és a rézoxiklorid hatóanyagú szerek használata (Sobiczewski et al., 1997). Ezen szerek használatakor feltétlenül figyelembe kell venni egyes fajták rézérzékenységét. Ajánlott a lombhullás utáni és rügyfakadás előtti lemosó permetezés. A baktericid rézkészítmények jelentik a legegyszerűbb, legolcsóbb de egyben a kevésbé hatásos védekezést a tűzelhalás ellen (László, 2009). Az EU-ban egyre több

kiadvány/cikk jelenik meg a rézkészítmények nem kívánatos hatásáról.

A tűzelhalás ellen a leghatékonyabb módszer az antibiotikumok használata volt. A sztreptomycin alkalmazása az Amerikai Egyesült Államokban régóta gyakorlat, ottani vélemény szerint eredményes védekezés nélkül elképzelhetetlen. Tapasztalatok szerint 3-4 kezelés virágfertőzéskor még 30 év után is hatásos, csak több mint évi 6 kezelés után lép fel rezisztencia (Sobiczewski et al., 1997). Ugyanakkor az Egyesült Államokban 1972 óta ismernek sztreptomycin rezisztens *Erwinia amylovora* törzseket, melyeket már Új-Zélandon is megtaláltak. Tekintve, hogy a sztreptomycin a humán gyógyászatban is használatos, az Egészségügyi Világszervezet (WHO) a növényvédelmi célú felhasználását nem ajánlja. Az Európai Unió több országában betiltották, így hazánkban is. A kasugamycin hatóanyagú Kasumin 2L Magyarországon szintén engedélyezett szer volt, melyet 2007. június 30-ig lehetett használni.

Egyéb készítmények közül hazánkban a fozetil-Al hatóanyagú Aliette 80 WG-t lehet használni. Sobiczewski et al. (1997) szerint az Aliette a rézkészítményeknél jobb, a sztreptomiccinnel esetenként azonos hatékonyságú, melyet a virágzás kezdetétől a virágzás végéig 2-3-szor lehet használni..

Mivel mára gyakorlatilag nem áll rendelkezésre igazán hatásos készítmény, mindenképpen szükség van alternatív védekezési lehetőségekre.

2.7.5. Alternatív védekezési lehetőségek

2.7.5.1. Szisztémikusan szerzett rezisztenciát indukáló szerek

A Prohexadione-Calcium (a kereskedelmi termék Magyarországon a Regalis, az Egyesült Államokban Apogee) egy növekedésgátló anyag, feltételezik, hogy szisztémikusan szerzett ellenállóképességet indukál. A gazdanövény fogékonyságának csökkenése Prohexadione-Calcium-os (ProCa) kezelés után a fák flavonoid metabolizmusának változásán alapul. Számos irodalom szerint használatával csökkenteni lehet a tűzelhalás tüneteit (Norelli és Miller, 2006; Schoofs és Deckers, 2006; Leahy et al., 2006).

Egyéb szisztémikusan szerzett rezisztenciát fokozó szerek az acibenzolar-S-metil (készítmény: Bion) és a trinexapac-ethyl (TrixE) is. Szabadföldi kísérletekben a szerek több, mint 40%-kal csökkentették a tűzelhalás tüneteit, valamint 50-60%-kal a növényi szövetekben való migrációt (Brisset et al., 2000; Spinelli et al., 2006; Sparla et al., 2004).

Hazai kísérletekben Bubán és munkatársai (2006) *in vitro* szintén hatásosnak találták ezeket az indukált rezisztenciát fokozó szereket (Regalis®, Bion®) a tűzelhalás elleni védekezésben, mesterséges fertőzés során a virágzás előtt kijuttatva.

2.7.5.2. *Biológiai védekezés*

A biológiai növényvédelem területén az utóbbi évtizedekben hatalmas előretörés tapasztalható. A biológiai védekezésben csak közvetlenül az *E. amylovora*-ra ható mikroorganizmusok termékeiről, vagy az antagonista mikroszervezetek hatásáról – példaértékkel – szolgáltatott adatokat. A biológiai védekezés kidolgozására az *E. amylovora* esetében antagonista, epifita baktériumok alkalmazásával 20 éve zajlanak kutatások. Ezek hatása gátló anyagok termelésén és a tápanyagok kórokozó elől történő elvételén alapul, ezért kijuttatásuknak már a kórokozó megjelenése előtt meg kell történnie. A védekezés hatásfoka függ az évjáráttól és a földrajzi helytől, mivel az antagonisták fejlődése a telelés függvénye. Az antagonista baktériumoknak a sebfelületen és a virágok nektáriumainál kell lennie, mire a kórokozó odajutna.

A *Pseudomonas fluorescens* egyes törzsei hatásosnak bizonyultak a baktérium elleni védekezésben. Az A506-os törzse kísérletekben csökkentette a fagykárt és a tűzelhalás tüneteit az USA-ban szabadföldi kísérletben (Lindow et al., 1996), és Új-Zélandon is (Vanneste, 2006). A *P. fluorescens* A506 törzséből kereskedelmi forgalomba hozott terméket is előállítottak: Blightban A506[®], melyet az éppen kinyílt virágoknál érdemes kipróbálni (Elkins et al., 2005).

A *Pantoea agglomerans* (syn. *E. herbicola*) egy olyan specifikusan ható antibiotikumot termel, amely a kórokozót elpusztítja (Vanneste, 1996; Johnson és Stockwell, 1998; Al-Arabi, 2002; Özaktan és Bora, 2006). Több törzset hatásosnak találtak *E. amylovora* ellen, köztük a P10c kereskedelmi forgalomba került – Új-Zélandon BossomBlessTM, Olaszországban PomaVitaTM – néven (Vanneste, 2006). Hevesi Mária által izolált *P. agglomerans* HIP 32-es törzs *in vitro* kísérletben erősen gátolta az *E. amylovora* szaporodását (Hevesi et al., 2006a,c,d). A törzs szabadföldi kipróbálása hazánkban is folyamatban van.

Bacillus subtilis több törzse szintén hatásosnak bizonyult több kórokozó-, így az *Erwinia amylovora* elleni védekezésben. A QST 713 'Serenade' (USA) -, a BD170 'Biopro' (Európa)- és a BSF4 törzs 'Agribiotec' (Olaszország) néven van forgalomban (Edgecomb és Manker, 2006; Werner és Aldwinckle, 2006). Több *Photorhabdus* és *Xenorhabdus* faj erős antibakteriális hatásáról szintén beszámoltak (Böszörményi et al., 2009).

Különböző élesztőfajok (*Aureobasidium pullulans*, *Candida sake*, *Metschnikowia pulcherrima*) törzsei hatásosnak bizonyultak a baktérium elleni védekezésben *in vitro* és szabadföldön is (Seibold et al., 2004; 2006). Európa több országában, így Magyarországon is ideiglenes felhasználási engedélyt kapott egy osztrák cég (Bio ferm) új biológiai növényvédőszer, a „Blossom Protect”, amely az *Aureobasidium pullulans* élesztőfaj két törzsét tartalmazza. Ez a faj a kinyílt virágokon elszaporodik és lehetetlenné teszi a kórokozó

baktérium fertőzését (Hevesi et al., 2009; László, 2009). Németországban szabadföldi kísérletekben a sztreptomycinhez hasonló hatásfokúnak találták (Ertl et al., 2007).

2.7.5.3. Illóolajok használata

In vitro és *in vivo* körülmények között vizsgálták növényi kivonatok *E. amylovora*-t gátló hatását.

In vitro kísérletekben illóolajok (*Thymus vulgaris*, *Satureia hortensis*) kombinálását réz-oxikloriddal hatásosnak találták tűzelhalás elleni védekezésben (Hassanzadeh, 2006). A *Thimbra spicata* illóolaja engedélyezett készítmény, Törökországban Aksebio 2, Németországban BioZell-2000-B néven. Ez a készítmény a 'Santa Maria' körtefajta hajtásait 64%-os hatékonysággal védte meg Törökországban (Bubán, 2004). Hazai *in vitro* vizsgálatokban az *Origanum*-, *Mentha*-, *Thymus*-, *Tagetes* fajokban a carvon, dihidrokarvon, timol és karvakrol vegyületek hatásosok voltak az *E. amylovora* ellen (Hevesi et al., 2006b).

2.7.6. Védekezés ellenálló fajták termesztésével

Mit is értünk ellenállóság/rezisztencia alatt? A növényekben két fő védekezési rendszer korlátozza a mikroorganizmusok szaporodását: az „általános, nem specifikus” és a „specifikus” ellenálló képesség. Az általános rezisztenciára (basal resistance, BR) az jellemző, hogy minden, a növény számára idegen organizmus szaporodását gátolja. A specifikus ellenálló képesség csak genetikailag meghatározott kórokozó-növény kapcsolatban működik, és sokszor a növénysejt és a kórokozó halálával jár együtt. Az a kórokozó, mely a fogékony növényben kikerüli ezeket a védekezési módszereket, az szinte akadálytalanul tovább szaporodik és nagy mennyiségben termeli a baktérium fajtól függő toxinokat, enzimeket és további mérgező vegyületeket, amelyek ezután a különböző betegségi tünetek kialakulásáért felelősek (Klement, 2007).

Sok példa mutatja, hogy a gazda-patogén kapcsolat egyaránt lehet rezisztens, vagy fogékony, ennek kimenetele a növény védekezési mechanizmusának intenzitásától és időzítésétől függ (Tao et al., 2003).

A környezeti tényezők, a fák kora, a növények vitalitása mellett a betegségekre való fogékonyságot elsősorban a növények genetikai adottságai befolyásolják. A tűzelhalás kórokozójával szembeni rezisztenciára való nemesítés nagy múltra tekint vissza, ennek ellenére a gyakorlatban termesztett toleráns fajták száma minimális. A szó klasszikus értelmében vett rezisztens fajták nincsenek. A fajták szinte mindegyikét képes a baktérium megfertőzni, egy részük azonban különböző mértékben tűri azt, vagyis tünetekben,

terméskiesésben megnyilvánuló jelentős negatív hatás nem érvényesül. Valójában tehát csak toleranciáról beszélhetünk (Németh, 1997). Általánosságban megállapítható, hogy a körte a tűzelhalás betegsége fogékonyabb, mint az alma.

A fajták fogékonysági mutatóinak gyakorlati értelmezését megnehezíti, hogy számos esetben a különböző országokban a kutatók által ugyanarra a fajtára kapott eredmények akár jelentős mértékben eltérhetnek egymástól. Ezen eltéréseknek több oka van; közrejátszhatnak benne a vizsgálati eljárások különbségei (laboratóriumi és szabadföldi körülmények között végzett kísérletek), az eredmények kiértékelési módszerében mutatkozó különbségek, továbbá az eltérő minősítési kategóriák, a termesztési körülményekben, éghajlati adottságokban – csapadék, páratartalom – megnyilvánuló eltérések is. Eltérő eredményekre vezethet az is, hogy a kutatók az adott országra jellemző, saját izolálású baktérium törzsszel végzik az inokulálásokat, melyre a fajták eltérő fogékonysággal reagálhatnak. Ennek kiküszöbölésére alkalmaznak törzskeveréket a mesterséges fertőzés során. A kísérletek során megállapított és a gyakorlati megfigyelésekkel többszörösen alátámasztott fogékonysági és ellenállósági adatok bizonyos óvatossággal a gyakorlatban figyelembe vehetők.

Számos irodalomban találhatunk adatokat a fajták fogékonyságáról, melyeket a dolgozat későbbi fejezeteiben részletezek (Le Lezec et al., 1997; van der Zwet és Beer, 1995; Thibault és Le Lezec, 1990).

Jelenleg folyó rezisztencianemesítési programok

Körténél elsődleges fontosságú a biotikus rezisztenciát célzó nemesítés; elsősorban tűzelhalás, varasodás és körtelevélbolha toleráns fajták előállítását tűzik ki célul.

Észak-Amerikában már a múlt század elején elkezdődött az *Erwinia*-rezisztencia nemesítés. Toleranciája miatt felhasználták a *P. pyrifolia* fajt, ennek eredményeként született a 'Le Conte' és a 'Kieffer' fajta. Egyéb nemesítései alapanyagok lehetnek a *Pyrus* nemzetség egyéb kelet-ázsiai fajai: a *Pyrus betulaefolia*, *P. fauriei*, *P. ussuriensis*, *P. bretschneideri*, *P. ovoidea* és *P. calleryana* fajok. Ezeken kívül gyakran szerepel a keresztezésekben az 'Old Home' régi amerikai nemes fajta (van der Zwet és Bell, 1990). Későbbi rezisztens fajták a 'Star', a 'Dawn', a 'Magness' és a 'Mac' (van der Zwet és Keil, 1979).

A világ számos kutatóintézetében folyik tűzelhalás rezisztenciát célzó nemesítési program; közülük kiemelendő az U.S. Department of Agriculture (Kearneysville, USA), az Agriculture and Agri-Food Canada (Harrow, Kanada), az Institut National de la Recherche (röv. INRA, Angers, Franciaország), az Istituto Sperimentale per la Frutticoltura (Róma, Forlì, Olaszország), az Università di Bologna (Bolognai Egyetem), az East Malling Research Centre (Anglia), a Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Julius Kühn-Institut (JKI,

Drezda-Pillnitz, Németország), a Crop Research Institute (Prága-Ruzyne, Csehország), a Research and Breeding Institute of Pomology (Holovous, Csehország) és a Fruit Research Station (Voinesti, Románia). A tüzelhalás-rezisztencia nemesítés újabb eredményeit az 1. táblázat foglalja össze.

A kearneysville-i kutatóintézetben (USA) előállított új, jó minőségű tüzelhalás toleráns körtefajták közül kiemelendő a 'Potomac', a 'Blake's Pride' (Bell et al., 1996, 2002). A szintén új nemesítésű 'Stark Honeysweet' fajtán nem találtak egyáltalán nekrotizálódott hajtásrészt szabadföldi megfigyelés során Dél-Karolinában. A megfigyelt fajták közül a 'Potomac' bizonyult a legerősebb növekedésűnek, és a legnagyobb kumulatív termésmennyiséget is ezen a fajtán mérték (Reighard et al., 2002).

1. táblázat. Az utóbbi 15 évben nemesített tüzelhalás-rezisztens/toleráns körtefajták (Bellini et al., 2000; Bergamaschi et al., 2006; Papstein et al., 2006; nyomán)

Fajtanév	Származási ország, nemesítés éve	Származás	Érés idő (Vilmoshoz képest)	Megjegyzés
Aida	Olaszország	'Coscia' x 'Dr. Guyot Gyula'	-20	toleráns a tüzelhalásra
Bohéme	Olaszország	'Conference' és a 'dr. Guyot Gyula'	-40	toleráns a tüzelhalásra
Bohemica	Csehország	'Comtesse de Paris' x 'Fondante de Charneu'	+55	rezisztens a tüzelhalásra és a gombabetegségekre, hidegtűrő
Blake's Pride	USA, 1998	'US 446' x 'US 505'	+21	rezisztens a tüzelhalásra
Elliot	USA, 1988	'Elliot n.4' x 'Vermont Beauty'	+20	rezisztens a tüzelhalásra, de túl kicsi a gyümölcse
Euras	Románia, 1994	(<i>P. serotina</i> x 'Serres Olivér') x 'Téli Esperes'	+35	toleráns a tüzelhalásra, rezisztens a körtelevélbolhára
Getica	Románia, 1994	'Napoca' x 'Morettini korai vajkörte'	-5	toleráns a tüzelhalásra, és a körtelevélbolhára
Gourmet	USA, 1988	'South Dakota F15' x 'Ewart'	+25	rezisztens a tüzelhalásra
Harrow Crisp	Kanada, 1999	'Vilmos' x 'US-56112-146'	+7	rezisztens a tüzelhalásra
Harrow Gold	Kanada, 1999	'Harvest Queen' x 'Harrow Delight'	-10	rezisztens a tüzelhalásra
Harrow Sweet	Kanada, 1991	'Vilmos' x (Old Home x 'Early Sweet')	+26	rezisztens a tüzelhalásra
Haydeea	Románia, 1993	'Hardy vajkörte' x 'Six vajkörte'	+25	rezisztens a tüzelhalásra és a körtelevélbolhára
Jana	Csehország	'Bosc kobak' x 'Drouard elnök'	+30	rezisztens a tüzelhalásra és a gombabetegségekre, hidegtűrő
Monica	Románia, 1994	'Santa Maria' x 'Gonzaga hercege'	+25	tüzelhalás- és varasodásrezisztens
Potomac	USA, 1993	'Moonglow' x 'Anjou vajkörte'	+15	rezisztens a tüzelhalásra, jó gyümölcsminőség
Uta	Németország, 1998	'Madame Verté' x 'Bosc kobak'	+60	nem fogékony a varasodásra, kissé fogékony a tüzelhalásra

Kanadában a harrow-i kutatóintézetben állították elő a Harrow-fajtasorozatot, melynek tagjai jól ellenállnak a betegségnek, és a gyümölcsminőségük is megfelelő. A régebbi fajták közül a legjelentősebbek a 'Harrow Sweet' (1975), a 'Harrow Delight' (1982) és a 'Harvest Queen' (1982) – melyek a tanszékünk soroksári génbankjában is megtalálhatók –, újabb nemesítések közül pedig az 'AC Harrow CrispTM' (1999), és az 'AC Harrow GoldTM' (1999)

jelentős (Bellini et al., 2000). Az utóbbi két fajtát és két nemesítési kóddal ellátott fajtajelöltet – HW614 és HW620 – üzemi kísérletben is tesztelték Ontarióban, Kanadában 5 különböző helyszínen. Mind a 4 fajta jól szerepelt, mind a gyümölcsméretet, a minőséget és a tűzelhalás rezisztenciát tekintve. Az 'AC Harrow CrispTM' és az 'AC Harrow GoldTM' megfelelőnek mutatkozott friss piacra és feldolgozásra egyaránt, míg a HW 614 és HW 620 csak friss fogyasztásra tűnt alkalmasnak (Hunter és Slingerland, 2008).

A román nemesítési programban biotikus stressznek – elsősorban tűzelhalás és körtelevélbolha – ellenálló, kései érésű, jó minőségű fajták előállítását tűzték ki célul. 1994-ben jegyezték be a 'Getica', az 'Euras' és a 'Monica' fajtákat. Ezek nem csak a tűzelhalással szemben toleránsak, hanem körtelevélbolhával szemben is rezisztensek (Andreies, 2002).

Németországban, a naumburgi és a drezda-pillniti kutatóintézetekben 1961-ban kezdődött egy közös körtenemesítési program, melynek célja kiváló minőségű, tetszetős alakú, jó termőképességű fajták előállítása volt, melyek varasodás- és tűzelhalás rezisztenciával is rendelkeznek. A nemesítési programból kikerülő fajták első csoportját 1988-ban, második csoportját 1995-ben és harmadik csoportját 1999-ben szabadföldön is tesztelték, és fajtanévvel látták el. Az új fajták varasodásra és lisztharmatra ellenállóak voltak, viszont tűzelhalásra általában fogékonyak. A legnagyobb tűzelhalás rezisztenciát az 'Uta' ('Madame Verté' x 'Bosc kobak') fajta mutatta, mely bronzos fedőszínű, téli érésű körtefajta (Fischer és Mildemberger, 2002).

Az olasz ISF-FO (Forlì) intézet tűzelhalással szemben rezisztens/toleráns vonalak előállítását célzó programjában 3 fajtajelöltet emeltek ki: az ISF-FO 80-104-72 ('Aida'), ISF-FO 8051-72 ('Carmen') az ISF-FO 80-57-83-t ('Bohème'). Mind a 3 nyári fajta, az első kettőt a 'Coscia' és a 'Dr. Guyot Gyula', a harmadikat a 'Conference' és a 'Dr. Guyot Gyula' keresztezésével állították elő. Tűzelhalás toleranciájuk vagy közel azonos, mint a 'Harrow Sweet'-é, vagy meghaladja azt, emellett nagyon jó gyümölcsminőséggel is rendelkeznek (Bergamaschi et al., 2006). A fogékony szülőpárokból kapott toleráns utód rámutat arra a tényre, hogy a tűzelhalás rezisztenciáért felelős gén minden bizonnyal recesszíven öröklődik a körténél (Rosati et al., 2002).

A bolognai egyetemen folyó rezisztencianemesítési programban is több toleráns genotípust emeltek ki: 'DCA 92050701-14', 'DCA 91050701-41', 'DCA 91050701-39'. Mind a három vonalat az 'US 309' és a 'Fétel apát' fajták keresztezésével kapták, és rezisztenciájuk mellett kitűnő gyümölcsminőségüket is kiemelték a nemesítők (Musacchi et al., 2005).

A cseh rezisztencianemesítési (RICP) programban a 'Jana' és a 'Bohemica' fajtákat emelték ki nagyon erős tűzelhalás rezisztenciájukért, mely azonos volt, mint az 'US-62563-

004' rezisztens kontroll (Papstein et al., 2006).

Genetikailag módosított fajták termesztésével is megoldható lenne a tűzelhalás elleni védekezés, de a transzgénikus növényfajták megítélése és engedélyezésük az Európai Unión belül vitatott.

Viszonylag kevés eredményről lehet még olvasni a genetikailag módosított körtefajták terén. Eddig még nem jelentettek be génmódosított tűzelhalás-rezisztens körtefajtát, de több kutatási program használ fel biotechnológiai módszereket a rezisztencia kialakítására. Több kísérlet célja a tűzelhalás rezisztenciához kapcsolódó molekuláris markerek keresése (Afunian et al., 2006; Dondini et al., 2006).

Korábbi kutatásokban a tűzelhalás-rezisztenciát fokozó gének között szerepeltek az attacinok, a cercopinok és a lysozyme. Kutatók sikeres transzformációról számoltak be; a fogékony 'Társulati esperes' fajtába attacin E gént vittek be. Ez a gén *Hyalophora cecropia* -ból származik és korábbi publikálások szerint hatásos volt tűzelhalás ellen (Norelli és Aldwinckle, 2000). A tűzelhalás rezisztencia fokozása érdekében HrpN_{Ea} transzgént juttattak a nagyon fogékony 'Nemes Krasszán' körtefajtába. Tizenhét transzgénikus diploid klónt állítottak elő, melyek kisebb fogékonyságot mutattak a tűzelhalás fertőzést követően *in vitro* (Chevreau et al., 2006).

Az Európai Unióban a jelenlegi álláspont nem kedvezően ítéli meg a fenti, idegen szervezetből történő génátvitelt. Ettől kedvezőbben ítélik meg a ciszgénikus növények előállítását, mely szerint ugyanabból a növényfajból származó géneket juttatnak be (Zhang et al., 2007).

2.8. A növényeket károsító stresszhatások

Minden élő szervezetet élete folyamán különböző stresszhatások érik. Az abiotikus környezeti stressz (pl. szárazság, magas sótartalom, magas vagy alacsony hőmérséklet, UV-sugárzás, vizek-, levegő-, talaj szennyezése) jelentősen megváltoztatja a növények anyagcsere-folyamatait. A biotikus stresszhatások közül ki kell emelni mindazokat az élő szervezeteket (mikoorganizmusokat, vírusokat, baktériumokat, gombákat, állati szervezeteket), melyek a növényi szövetek károsítását, az életfolyamatok módosítását idézik elő.

A növényeket érő stresszhatásokkal rengeteg kutató foglalkozik. A biotikus és abiotikus stresszhatásokra módosul a növények anyagcséréje, aminek következtében a sejten belül peroxidatív mikrokörnyezet alakul ki (Stefanovitsné Bányai, 2008).

2.8.1. Reakcióképes oxigénformák

Az egyik legfontosabb fiziológiai változás a beteg növénysejtre jellemző „toxikus szabadgyökök” és egyéb „reaktív oxigén fajták” (ROS) felhalmozódása. A molekuláris oxigén (O_2) környezetében minden élő sejt konfrontálódik az oxigén aktív és részben redukált formáinak reaktív és toxikus hatásával (Király és Barna, 2007). Míg a molekuláris oxigén nem számít reakcióképes molekulának, addig ezen részlegesen redukált oxigénformák igen reakcióképes, erősen oxidatív tulajdonságú anyagok: részben szabad gyökök, mint a szuperoxid- (O_2^{\bullet}) és hidroxilgyök ($^{\bullet}OH$), melyek párosítatlan (extra) elektronnal rendelkeznek; részben pedig olyan molekulák – mint a hidrogén-peroxid (H_2O_2), a szinglet oxigén (1O_2), az ózon (O_3) –, melyek reakciói során további szabad gyökök képződhetnek (Eltner, 1982; Cadenas, 1989; Mittler et al, 2004). A szabadgyökök a reaktív oxigénmolekulák mellett, nitrogénközpontú és kéntartalmú molekulák is lehetnek. Rendkívül reakcióképesek, és károsan hatnak lipidekre, fehérjékre, szénhidrátokra és a nukleinsavakra is. Súlyos stresszek vagy fertőzések következtében mutációkat, öregedést és végül sejthalált is előidézhetnek (Staskawicz et al. 1995; El Zahabi et al., 2004). Az oxigén növénybeli aktiválásának leggyakoribb helye a kloroplasztisz, ahol a legnagyobb az oxigénkoncentráció a fotoszintetikus oxigéntermelés miatt. A ROS felszaporodása a sejten belül és kívül robbanásszerű gyorsasággal és intenzitással történik (Rossel et al., 2002). A fertőzés során kialakuló szabad gyökökkel kapcsolatosan feltételezik, hogy toxikus hatása van a kórokozóra, valamint a növényi védekezésben szerepet játszik azáltal, hogy előidézi a lignin szintézist, a fitoalexin termelődést, a lipid peroxidációt és a hiperszenzitív reakciót (Baker és Orlandi, 1995).

2.8.2. A védekezés biokémiai háttere

A szabad gyökök jelenléte az antioxidáns védekező rendszer kialakulásához vezet, mely kiküszöböli a sejtkárosodást. Ez a védekezőrendszer felosztható enzimes ill. nem enzimátikus folyamatokra. A legfontosabb antioxidáns enzimek: a peroxidázok (POD: aszkorbát, guajakol), kataláz (CAT), és szuperoxid dizmutáz (SOD), valamint az antioxidáns hatású enzimátikus védelmi rendszer egyéb tagjaihoz tartozik a glutation-reduktáz és a glutation-S-transzferáz. Ezek az oxidatív stresszt megelőző és kivédő rendszer elemei. A nem enzimátikus szabad gyök közömbösítő antioxidáns vegyületek a karotinoidok, a polifenolos vegyületek, a glutation, a vízoldható C-vitamin, a zsírolékony E-vitamin és egyéb vegyületek (Pandhair és Sekhon, 2006). Ha a káros ROS és a hasznos antioxidánsok hatása egyensúlyban van, a növény egészséges, ha azonban a ROS mennyisége túlságosan sok vagy az antioxidánsok

hatása nem elégséges, a szervezet betegnek, vagy stresszorok által károsítottak tekinthető (Király és Barna, 2007).

Az utóbbi évek kutatási alapján beigazolódott, hogy a dolgozatom tárgyát képező *E. amylovora* baktérium szintén reaktív oxigén származékok (ROS) által idézi elő a sejtelhalást a gazdanövényben.

Meg kell említeni a **hiperszenzitív reakciót** (HR), mint egy nagyon fontos, sokféle folyamatból összetevődő védekezési mechanizmussal kapcsolatos jelenséget. A HR-t az inkompatibilis kórokozó által indukált gyors, korlátozott kiterjedésű növényi sejthalál megjelenése jellemzi. A HR a növények egyik legfontosabb védekezési mechanizmusa, amely a gazdanövény és a kórokozó közti specifikus felismerési reakción alapszik (Király et al., 2007). Az inkompatibilis válaszok általában nekrozissal járnak, melynek mértéke az egy sejtre lokalizált HR-tól a folyamatosan terjedő szövetpusztulásig változhat. A növényi sejtek gyorsan kialakuló nekrozisát a mikrobára és a növényi sejtre egyaránt toxikus szabadgyökök okozzák, melyek a hiperszenzitív válasz esetén beinduló anyagcsere folyamatok során nagy mennyiségben termelődnek (Dangl et al., 1996). A sejtek pusztulásával kiszabaduló antimikrobiális enzimek és metabolitok révén kémiaiilag, a jól körülhatárolt léziókban pedig fizikailag is izolált kórokozók nem jutnak további tápanyaghoz, így szaporodásuk megáll (Clough et al., 2000).

A nekrozis megjelenése mindig a fenolok enzimes oxidációjával kapcsolatos jelenség. A fenoloxidációs termékek, a kinonok rendszerint polikinon szerkezetté kondenzálódnak, vagy fehérjékkel, vagy aminosavakkal reagálnak és melanin vegyületeket képeznek. A folyamat az oxidatív enzimek aktiválásával kapcsolatos, és a légzés jelentős emelkedéséhez vezet (Goodman et al., 1991). $^1\text{O}_2$ és H_2O_2 gyökök gyors felszaporodása jellemez számos hiperszenzitív reakciót avirulens gomba, baktérium, vírus kórokozóval történő fertőzést követően (Lamb és Dixon, 1997). Baker és Orlandi (1995) kísérleteiben arról számol be, hogy szójanövény *Pseudomonas syringae* pv *syringae* virulens és avirulens törzseivel történő fertőzésnél a fertőzést követő 2 órán belül (I. szakasz) az oxidánsok gyors, de gyenge átmeneti felszaporodása történik. Avirulens törzsszel történő fertőzés esetén 3-6 órával a fertőzést követően (II. szakasz) egy második, erősebb oxidatív kitörés is megfigyelhető. Hasonló eredményre jutottak dohány növény *Pseudomonas syringae* pv *syringae* kórokozóval való fertőzése során (Atkinson et al., 1990).

Azt tapasztalták, hogy az *E. amylovora* fertőzés a fogékony fajokban hasonló stresszválaszt indukált (lipid peroxidáció, antioxidáns állapot változás), mint egy inkompatibilis kórokozó. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy az *E. amylovora*-t úgy ismeri fel a gazda szervezet, mint egy inkompatibilis kórokozót. *In vitro* kísérletben

megállapították, hogy az *E. amylovora* 10-szer nagyobb H_2O_2 koncentrációt visel el, mint a *P. syringae* pv. *tabaci*, valamint a szabad gyökök optimális koncentrációja a baktérium számára szükséges a gazdanövényben való sikeres szaporodáshoz (Venisse et al., 2001; Venisse et al., 2003).

2.8.3. A dolgozatom tárgyát képező, a védekezésben szerepet játszó néhány enzim és anyagcseretermék áttekintése

2.8.3.1. Szénhidrátok

A stresszhatásokra adott növényi válaszok közül a szénhidrátfrakciók minőségi és mennyiségi változásait kell az elsők között megemlíteni, mivel a szénhidrát-anyagcsere olyan biokémiai és fiziológiai folyamatokkal áll szoros kapcsolatban, mint a fotoszintézis, a transzspiráció és a légzés.

Az oldható cukrok, különösen a glükóz, a szacharóz és a fruktóz központi szerepet játszanak a növények szerkezetében és metabolikus folyamataiban mind a sejt, mind a teljes szervezeti felépítés szintjén. Több lebontó folyamat és szabályozás közvetlenül kapcsolódik az oldható cukrokhoz a reaktív oxigén gyökök termelődése kapcsán, ilyen pl. a mitokondriális légzés, a fotoszintetikus szabályozás, vagy az antioxidáns folyamatokon keresztül, mint pl. az oxidatív pentóz foszfát ciklus, illetve a karotenoid bioszintézis. Különböző stresszhatások – melyekbe bekapcsolódnak az oldható cukrok – kapcsolatban vannak a reaktív oxigén gyökök egyensúlyának lényeges változásával. Ezek az összetartó, vagy éppen antagonista kapcsolatok az oldható cukrok, a reaktív oxigén gyökök és az antioxidáns folyamatok között általánosan igazoltak, ezáltal az oldható szénhidrátok különleges helyet foglalnak el az antioxidáns egyensúlyban (Couée et al., 2006). Különböző stresszekre a növény oldható szénhidrátok felhalmozódásával reagál, mely általánosan a stresszhelyzetekre adott válaszreakciónak tudható be (Roitsch, 1999).

A fertőzés hatására kialakuló válaszreakciók mind a fogékony-, mind a rezisztens növényben összefüggésbe hozhatók az endogén szénhidrátok mennyiségével. A baktériumsejtek és növénysejtek kapcsolatában a baktériumsejt extracelluláris poliszacharid burka (EPS) meghatározó tényező, amelynek kialakulását a szénhidrátok mennyiségi és minőségi összetétele bizonyítottan befolyásolja. A különböző gazda-parazita kapcsolatban az egyes cukrok mennyisége, illetve minősége is jellemző változáson megy keresztül (Sárdi et al., 1996, 1999; Végvári et al., 2000), illetve hasonló folyamatok zajlanak le abiotikus stresszhatásokra is (Borókai és Sárdi, 1999; Greger és Bertel, 1992; Kerepesi et al., 1998, 2001, 2004; Klement, 1974; Stefanovits-Bányai et al., 1998a, 1999, 2000;). Néhány kutató arról referál, hogy szerepe lehet a fertőzésre során bekövetkező védekezési mechanizmusok

szabályozásában (Engström és Strömberg, 1996; Herbers et al., 2000; Morkunas et al., 2005). Stresszmentes és stresszhelyzetekben szignál molekulákként viselkedhetnek, amennyiben a növények felismerik a cukor koncentráció változását (Loreti et al., 2001).

Suleman és Steiner (1994) modellje szerint a szövetekben a megnövekedett szorbitol koncentráció negatív hatással van az *E. amylovora* szaporodására. Duffy et al. (2008) szerint viszont a szorbitol koncentráció nem befolyásolja a rezisztenciát.

Az antioxidáns enzimek közül a peroxidázt és a polifenoloxidázt jellemzem részletesen, mivel dolgozatomban e 2 enzimet vizsgáltam.

2.8.3.2. *Peroxidázok (POD)*

Enzimkatalógusban feltüntetett neve: hidrogénperoxid-oxidpreduktáz E.C.1.11.1.7. Általánosságban a következő reakciót katalizálják: Donor (red) + H₂O₂ → Donor (ox) + 2H₂O (Böddi, 2002). Hidrogén-peroxid képződését is elősegítheti NADH jelenlétében, amelyet monofenolok katalizálnak (Gross et al., 1977). A peroxidázt a H₂O₂-t detoxifikáló anyagnak is tekintik. Fenolok oxidálására is képes, tekintettek arra, hogy peroxid jelenlétében aromás vegyületekre hat, aminek eredményeképpen kinonok és H₂O keletkeznek. Az indolécetsav peroxidálása fontos szabályozó hatást fejt ki a növényi szövetek indolécetsav tartalmára. A peroxidáz enzim a növényi szövetekben igen elterjedt, és prosztetikus csoportként vasporfirint tartalmaz (Goodman et al., 1991).

Élettani szerepüket ezen kívül számos fiziológiai folyamatban, illetve az abiotikus és biotikus stresszhatások elleni védelemben is leírták (Asada, 1992; Stefanovits-Bányai et al., 1998b; Szecskó et al., 2002; Sárdi és Stefanovits-Bányai, 2006). A stressz hatására számos esetben az antioxidáns enzimek közül elsőként a peroxidáz mutat aktivitásbeli változást (Pereira et al., 2000). Saját kísérleteink is igazolták, hogy a POD aktivitása megváltozik fagy hatására körte rügyekben és vesszőkben (Göndör et al., 2004; Honty et al., 2008). A peroxidáz enzimaktivitás változik a kertészeti növények (pl. őszibarack, kajszli) nyugalmi időszakai során (Szalay et al., 2003, 2007), meghatározó szerepe van a gyökeresedésben is (Szecskó, 2004).

A **peroxidáz** enzim jelentőségét a fertőzés során már több mint 40 évvel ezelőtt vizsgálták. Rudolph és Stahmann (1964) megállapították, hogy a peroxidáz aktivitása változatlan marad, vagy csökken a fogékony bablevelekben, ha a leveleket a *P. phaseolicola* virulens törzseivel fertőzték. Az aktivitás viszont megnövekedett, ha kevésbé virulens törzsekkel fertőzték. A peroxidáz aktivitás nagyobb növekedést mutatott a rezisztens babfajtákban, mint a fogékony fajtában virulens törzzsel való fertőzés esetén. Arra

következtettek, hogy a fokozott peroxidáz aktivitás kedvez a kórokozóval szembeni rezisztencia kialakításához. Egyéb korábbi kísérletek rámutattak peroxidáz enzimnek a gazdaparazita kapcsolatokban betöltött szerepére (Lovrekovich et al., 1968; Urs és Dunleavy, 1974).

Számos újabb kutatás is megerősíti, hogy biotikus stressz hatására a fertőzést követően az antioxidáns enzimek aktivitása – köztük a peroxidázé is – általában megemelkedik (Jang et al., 2004; Djelabi et al., 2007; Havlickova et al., 1998; Graskova et al., 2001). Különbségek mutatkoznak azonban abban, hogy a fogékony és kevésbé fogékony/rezisztens fajtákban mikor jelentkezik ez az emelkedés, illetve milyen nagyságú változást mérnek. Több esetben a peroxidáz enzimaktivitás emelkedést már a tünetek megjelenése előtt mérték (Keck et al., 2002; Venisse, 2003; Díaz-Vivancos et al., 2008; Rodrigéz, 2010; Malenčić et al., 2010), más kísérletekben ez csak a tünetek kifejlődése után következett be (Arias et al., 2005; Radwan et al., 2007).

A rendelkezésre álló irodalmak sokaságából csak egyet – a kutatásaimhoz szorosan kapcsolódót – mutatok be részletesebben. Torres és munkatársai (2003) *Penicillium expansum*-mal fertőzött 'Golden Delicious' almákban mérték a H_2O_2 szint változását és különböző enzimek aktivitásának változását (SOD, CAT, POD) két szedési időpontban (7 nappal a szokásos szedési időpont előtt és után). A korábbi szedésű, kevésbé fertőződött gyümölcsökben közvetlenül a fertőzés után szignifikánsan megemelkedett a H_2O_2 és a SOD aktivitás szint. Ezzel ellentétben a CAT és POD aktivitás nem változott. A későbbi szedési időpontban a fertőzöttebb gyümölcsökben viszont a H_2O_2 és a SOD aktivitás szintek nem változtak a gyümölcsökben, viszont a fertőzés hatására CAT és POD aktivitás emelkedést mértek. Ez a kutatás rámutatott arra, hogy a különböző érettségű gyümölcsök eltérő fogékonyságot mutatnak a kórokozóval szemben, valamint a fertőzés hatására a H_2O_2 és ebből következő enzimaktivitás szintek változása szerepet játszik a védekezési reakcióban.

2.8.3.3. Polifenoloxidáz

A polifenoloxidáz PPO (más néven katekol-oxidáz, az enzimkatalógusban feltüntetett neve: o-difenol: O₂-oxidoreduktáz, E.C.1.14.18.1.), réztartalmú fehérje, mely oxigén felhasználásával különböző fenolokat oxidál.

Fotoszintetizáló növényi sejtekben a kloroplasztiszokban lokalizálták, a nem fotoszintetizáló szövetek sejtjeiben a mikroszóma frakcióban, a peroxiszómában találhatók meg (Böddi, 2002). A polifenoloxidáz (PPO) enzimeknek a növényi szervezetben fontos szerepük van a mechanikai sérülésekkel, a mikroba- és vírusfertőzésekkel, valamint – valószínűleg – a zord éghajlattal szembeni védekezésben. A mechanikailag vagy fertőzés által

megsértett szövetben az addig külön kompartmentekben elhelyezkedő enzim és endogén szubsztrátjai egymással érintkezésbe kerülnek, és megindul az enzimreakció. A reakcióban keletkező kinonok igen reakcióképes vegyületek, elektronmegkötő képességgel rendelkeznek. Az elektronok különböző vegyületekből, csoportokból, illetve szabad gyökökből származhatnak a környezeti hatás (stressz) jellegének függvényében (Denisov és Khudyakov, 1987; Hunga et al., 2002).

Számos kutatás számol be arról, hogy magasabb PPO enzimaktivitás szint nagyobb rezisztenciával párosul bizonyos kártevőkkel és a kórokozókkal szemben (Constabel et al., 2000; Haruta et al., 2001; Li és Steffens, 2002; Thipyapong et al., 2004), baktériumos fertőzésekben betöltött lehetséges szerepéről is publikálnak (Bashan et al., 1987; Khirbat és Jalali, 1998). Szerepe van kémiai védővonal kiépítésében, fertőzéskor bekövetkező légzés növekedésében, és a hiperszenzitív reakció kialakításában.

2.8.3.4. Fenoloidok

A polifenolos komponensek a növényi metabolizmus másodlagos termékei, melyek a növény életében védelmi funkciót látnak el, megvédik a növényt a különböző stresszhatásoktól. A növényekben előforduló fenolos komponensek száma közel 8000, egy csoportot képeznek a flavonoidok. A flavonoidok az élelmiszerek nem tápanyag komponensei, vagyis nem jelentenek tápértéket az emberi szervezet számára. A növényi színanyagok nagy része is ebbe a csoportba tartozik (Rice-Evans et al., 1997; Lugasi, 2004; Sass-Kiss et al., 2005).

A fenolok antimikrobiális aktivitását a rezisztenciával már korábban kapcsolatba hozták. Ezek mind a növények rezisztenciájában, mind a nekrosis kialakulásában (hiperszenzitív szövetelhalás) szerepet játszanak (Addy és Goodman, 1974). A szerzők 'Jonathan' almahajtásokból meghatározták a kivonható fenolok mennyiségét az *Erwinia amylovora* virulens és avirulens törzseivel történt inokuláció után. A fenolok közül a floridizin volt a domináns mind a fertőzött, mind a nem fertőzött szövetekben. A fertőzött levelekben a fertőzés hatására az összes polifenoltartalom négyszeres emelkedést mutatott a fertőzés után 24 órával. Mind a virulens, mind az avirulens törzs jelentős polifenoxidáz és peroxidáz enzimaktivitást is indukált. Az *Erwinia amylovora* baktériummal szemben fogékony (pl. 'Vilmos') és mérsékelten rezisztens ('Elliot') körtefajták virág és gyümölcs mintáiban összefüggést állapítottak meg a rezisztencia mértéke és a különböző enzimek aktivitása és a fenolok szintje között (Evrensoğlu et al., 1999; Ryugo et al., 1990). Dicko és munkatársai (2005) megállapították, hogy biotikus és abiotikus stresszre rezisztens *Sorghum* fajták összes polifenoltartalma magasabb volt, mint a stresszre fogékony fajtáé. Eredményeik alapján a fenolok közül a 3-deoxyantocianidinek és a proantocianidinek tűntek a legjobb

rezisztencia markernek. Ezzel ellentétben Pontais és munkatársai (2008) almaleveleket vizsgálva azt a következtetést vonták le, hogy a különböző fenolkomponensek nem vesznek részt a tűzelhalással szembeni rezisztencia kialakításában.

Andreotti és munkatársai (2006) kutatásukban körtelevekben elemezték a fenolok összetételét és a fenol komponensek fiziológiai szerepét. A fenolösszetétel fajtánként különböző volt, függött környezeti tényezőktől és a levelek korától. Sebzés hatására megváltozott a levélben található fenolok koncentrációja, különösen a flavonolglükozidoké és a flavan-3-oloké. Ez rámutat a fenolok stresszrezisztenciában és a sérülésekkor kifejtett szerepére.

A rezisztencia kialakulásában még számos vegyületnek és anyagcsereterméknek (pl. szalicilsav, benzoésav) fontos szerepe van, de dolgozatomban csak azokra tértem ki, melyek a kísérletekben szerepeltek.

3. CÉLKITŰZÉSEK

Egy adott fajta fogékonysága/rezisztenciája részben a látható betegségi tünetek kialakulásával, annak gyorsaságával és erősségével, részben a növény szövetében lezajló, a fertőzés hatására lejátszódó változásokkal jellemezhető. E folyamatok fontos eleme a szövetbe bejuttatott baktérium szaporodásának mértéke, valamint a növény részéről kialakuló, védekezéssel kapcsolatos biokémiai változások. Ennek függvényében a kutatás során célul tűztük ki:

- a virágok, hajtások és gyümölcsök laboratóriumi fertőzésével meghatározni a termesztésben lévő főbb árfajták, a választékbővítő fajták és néhány japán körtefajta fogékonysági fokozatait, összehasonlítva a szakirodalom alapján rezisztensnek tartott fajtákkal;
- a fenti cél megvalósítása érdekében a legalkalmasabb inokulációs és vizsgálati módszerek kidolgozását az egyes növényi szervekre (virág, hajtás és gyümölcs);
- megállapítani, hogy a körtefajták fogékonysága/rezisztenciája mely növényi szerv fogékonyságának mértéke alapján jellemezhető legjobban;
- a fertőzött növényi részekben a fogékony és rezisztens gazdaválasz nyomon követését biokémiai paraméterek (antioxidáns enzimek, összes polifenoltartalom és szénhidrátfrakciók) mennyiségi változásának meghatározásával;
- megállapítani, hogy az általunk vizsgált biokémiai változások közül melyik a legalkalmasabb a rezisztencia markerezésére.

4. A KÍSÉRLET ANYAGA ÉS MÓDSZERE

4.1. A fertőzésekhez felhasznált anyagok

4.1.1. Baktériumtörzsek

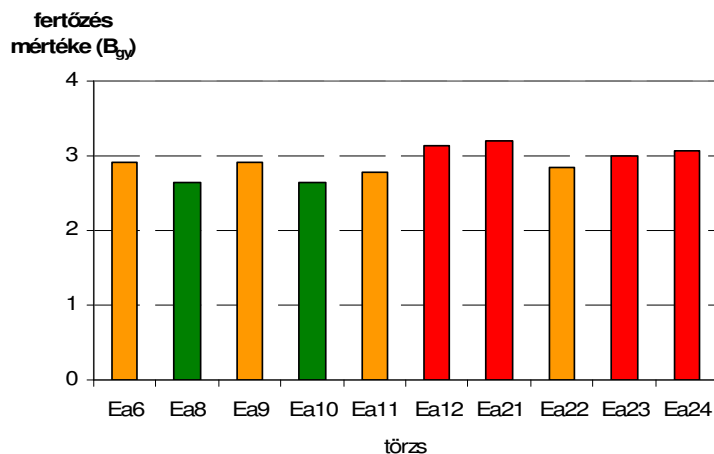
A baktérium izolátumok begyűjtése a hazai fertőzés megjelenését követően kezdődött el Hevesi Mária vezetésével a fertőzött gyümölcsökből (2. táblázat). Értékeltek virulenciájukat éretlen körtegyümölcsök ('Bosc kobak' és 'Conference') húsán (5. ábra) és héján, s ez alapján egy sarkadi és egy nagykanizsai körtéről származó, erőteljes, de egymástól a két fajtán eltérő mértékű megbetegedést (virulenciát) mutató izolátumot (Ea 21, Ea 23) választottunk ki a vizsgálatokhoz. A fertőzésekhez a baktérium szuszpenzióit keverékben használtuk 5×10^8 sejt/ml töménységben. A baktérium szuszpenzió töménységét Spektrofotométerrel (570 nm hullámhosszon) állítottuk be. Fenntartásuk és tenyésztésük King-B és Nutrient agaron-, megőrzésük 1%-os glicerinen -18 °C hőmérsékleten fagyaszttva történik, illetve tartós megőrzésnél liofilizáljuk. A törzsek virulenciáját dohány levelére oltva folyamatosan ellenőrizzük (6. ábra).

2. táblázat. Hevesi Mária által begyűjtött *Erwinia amylovora* törzsek

Törzs kódja	Gyűjtés ideje	Gyűjtés helye	Gazdanövény
Ea 6	1997	Sarkad	<i>Malus X domestica</i> Borkh.
Ea 8	1997	Sarkad	<i>Malus X domestica</i> Borkh.
Ea 9	1997	Sarkad	<i>Pyrus communis</i> L.
Ea 10	1997	Sarkad	<i>Pyrus communis</i> L.
Ea 11	1997	Sarkad	<i>Cotoneaster horizontalis</i> DECAINSE
Ea 12	1997	Sarkad	<i>Cotoneaster horizontalis</i> DECAINSE
Ea 21	1997	Sarkad	<i>Pyrus communis</i> L.
Ea 22	1998	Nagykanizsa	<i>Pyrus communis</i> L.
Ea 23	1998	Nagykanizsa	<i>Pyrus communis</i> L.
Ea 24	1998	Nagykanizsa	<i>Pyrus communis</i> L.
Ea 85	2001	Újfehértó	<i>Malus X domestica</i> Borkh.
Ea 86	2001	Újfehértó	<i>Malus X domestica</i> Borkh.
Ea 78	2001	Nagykanizsa	<i>Pyrus communis</i> L.

4.1.2. Körtefajták

A kísérleti növényanyagot a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Kísérleti Üzemének és Tangazdaságának génbanki fajtagyűjteményéből, Szigetcsépről, illetve az Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Fajtakísérleti Állomásáról Pölöskéről szereztük be. A kísérletben a jelenleg termesztésben lévő fő fajták, régi körtefajták, állami elismerés előtt álló fajták, rezisztens fajták és japánkörte fajták tűzelhalás fogékonyságát vizsgáltuk (3. táblázat).



5. ábra. Az izolátumok virulenciájának megállapítása 'Conference' éretlen körtegyümölcsök húsának fertőzésével (fertőzés mértéke: számított B érték alapján: 0-4, ahol 0: nincs tüzelhalás tünet, 4: a gyümölcshús teljesen elnyálkásodott.
mérsékelten rezisztens
közepesen fogékony
nagyon fogékony



6. ábra. *Erwinia amylovora* izolátumok patogenitásának ellenőrzése: hyperszenzitív reakció kialakulásával, dohánynövényen

4.2. A fertőzések vizsgálati módszerei

Az *E. amylovora*-val végzett *in vitro* módszereket a külföldi rezisztenciakutatásokban alkalmazottak közül vettük át (van der Zwet és Keil, 1979), illetve Hevesi Mária irányításával a Gyümölcstermő Növények Tanszék munkatársai dolgozták ki (Hevesi et al., 2000). A kiválasztott két izolátummal végeztük a fertőzéseket, télen kézbenoltott, illetve nyáron szemzett oltványok hajtásain, ültetvényből begyűjtött virágokon, éretlen gyümölcsökön, illetve mikroszaporított növényeken. A fertőzéseket 2001 és 2006 között végeztük.

3. táblázat. Vizsgált növényi részek fajtánként 2001 és 2006 között

Fajták	2001			2002			2003			2004			2005			2006
	V	H	Gy	V	H	Gy	V	H	Gy	V	H	Gy	V	H	Gy	Gy
Árpával érő	X			X												
Avranchesi jó L.			X	X			X		X	X	X	X		X		X
Baki Bosc	X			X	X						X		X			
Bohusné vajkörte		X	X		X		X						X			
Bosc kobak		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bronzovaja							X	X	X	X		X				X
Cascade							X	X		X	X	X				
Clapp kedveltje			X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X
Conference			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		
Dr. Guyot Gyula			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Eldorado	X		X	X		X	X	X	X		X	X		X		X
Erdei vaj			X	X	X	X	X	X	X	X		X				X
Ferenc vérbélű		X			X											
Fertilia Delbard	X		X	X			X	X		X	X	X		X		X
Fétel apát											X			X		
Giffard vajkörte				X			X	X	X	X		X				
Hardenpont téli v.			X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X
Hardy vajkörte				X									X			
Harrow Delight	X		X	X			X	X		X	X					
Harrow Sweet	X	X			X		X		X	X	X	X		X	X	X
Harvest Queen	X		X		X		X		X	X	X					
HW620							X			X						
HP25*							X	X			X			X		
Ilonka		X	X	X	X		X									
Kieffer		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
Hosui	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Magness	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X				X
Magyar kobak		X			X		X									
Marik kedveltje		X	X		X		X									
Mosoly		X	X		X	X	X						X			
Moonglow	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X		X		
Nijisseiki	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
NP12**							X	X	X	X	X	X	X	X		
Orsolya		X			X											
Packham's T.	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Pap körte	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
Piros Vilmos				X		X	X		X	X		X			X	X
Porporata				X			X	X					X			
Red Sensation								X			X					
Repubblica	X		X	X				X	X	X	X	X				
Star			X	X				X	X	X	X	X	X			
Tongre			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
US 65062-13	X		X	X		X			X	X	X	X	X	X		
Vilmos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X

V- virág; H-hajtás; Gy-gyümölcs, X – a növényi részekben történt tesztelést mutatja

*HP25: 'Packham's Triumph' x 'Hosui'

**NP12: 'Packham's Triumph' x 'Nijisseiki'

4.2.1. Virágfertőzés

2000-ben megkezdődött Tanszékünkön a virágzatok tűzelhalás betegséggel szembeni fogékonyságának értékelése (Király, 2001).

A vizsgálatokat folytatva (2001) a rövid, illetve középhosszú **termővesszőket** szobahőmérsékleten hajtattuk. A kinyílt virágokat, valamint a fiatal leveleket baktérium szuszpenzió permetezésével (5×10^8 sejt/ml) fertőztük, fajtánként átlagosan 50 virágot. A kontroll növényeket steril desztillált vízzel permeteztük le.

2002-től tovább fejlesztettük az inokuláció módszereit és bevezettük a **kapilláris technikát** a fertőzéshez. Az 1 cm-es kocsánnyal levágott éppen kinyílt virágokat desztillált vízzel töltött – 10 helyen átyukasztott alufóliával lefedett – petricsészékbe helyeztük. Nagyon fontos a virágok megfelelő időben való fertőzése, mert a kinyílás után eltelt idő függvényében a virágok egyre kevésbé fogékonyak (Pusey és Smith, 2008). Egy fajta inokulációjához 20 virágot használtunk. Minden egyes virág bibéit a baktérium szuszpenzióba (5×10^8 sejt/ml) mártott kapilláris cső megérintésével fertőztük (7. ábra). A petricsészéket ezután párásított nejlonzacskóba helyeztük. A kontrollnövényeket hasonló módon, de steril desztillált vízzel kezeltük, és azonos körülmények között tartottuk az inokuláció ideje alatt.



7. ábra. A virágok (bibék) fertőzése kapilláris csővel

4.2.2. Hajtásfertőzés

A tavaszi fertőzésekhez télen kézbenoltott, vagy szemzett oltványokat konténerben, üvegházban meghajtattuk. A fertőzés akkor történt, mikor a hajtások elérték a 20-30 centiméteres hosszúságot, de még nem fásodtak. Fajtánként átlagosan nyolc hajtást fertőztünk, a baktériumszuszenziót (5×10^8 sejt/ml) a hajtás csúcsától számolt 2. teljesen kifejlődött levél hónaljába juttattuk be injekciós tűvel (a helyét előzőleg alkoholos vattával fertőtlenítettük). Ezután az oltványokat párásított körülmények között fólia alatt a laboratóriumban 20-25°C-on tároltuk, így biztosítva a kedvező körülményeket (70-75%

relatív páratartalom) a betegség kialakulásához (8. ábra). A kontrollnövényt desztillált vízbe mártott tűvel szűrtük meg és azonos körülmények között, a fertőzött oltványoktól elkülönítve tartottuk.

A hajtásfertőzést 2001 és 2005 között folytattuk. Nem tudtuk minden évben az összes fajtát vizsgálni, de minden fajtát legalább 2 évben fertőztünk.



8. ábra. Hajtások fertőzése injekciós tűvel, konténeres körteoltványok fóliasátorban

4.2.3. Éretlen gyümölcsök fertőzése

2-2,5 cm átmérőjű éretlen gyümölcsökön természetes körülmények között akkor számíthatunk tünetekre, ha a nyár folyamán az időjárás kellően nedves, csapadékos, a gyümölcsöket sebzés érte (jégverés, rovarcsípés stb.). A tesztelésnél a természetes fertőződés mechanizmusát szűrással imitáltuk. Fajtánként 10 db gyümölcsöt alkoholos vattával lemosva fertőtlenítettünk, és nedves szűrőpapírral bélelt műanyag dobozban helyeztük el. Minden termést 6 helyen szűrtünk meg baktérium szuszpenzióba (5×10^8 sejt/ml) mártott lándzsatűvel. A kontrollt steril desztillált vízbe mártott tűvel kezeltük. Négy napig a dobozokat lefedve tároltuk, 25°C körüli hőmérsékleten. A gyümölcsfertőzéseket 2001 és 2006 között végeztük.

4.2.4. Mikroszaporított növények fertőzése

2001 és 2002-ben 7 fajtából előállított mikroszaporított növényeket is fertőztünk, majd 2005- és 2006-ban újabb fajták fertőzését végeztük el a biokémiai vizsgálatokhoz. A növényeket az Érdi Gyümölcs- és Dísnövénykutató és Fejlesztő Kht. állította elő.

A fertőzést *E. amylovora* szuszpenzióba (5×10^8 sejt/ml) mártott ollóval, felülről számított első kifejtett levelek bevágásával végeztük.

4.3. Biokémiai vizsgálatok anyaga és módszerei

4.3.1. A kísérletbe vont fajták, növényi részek és a mintavételek

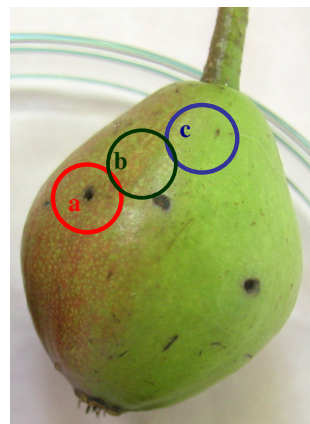
4.3.1.1. Gyümölcsök biokémiai vizsgálata

A mintákat – a gyümölcsfertőzés tüneti eredményei alapján – egy rezisztens típusú ('Pap körte') és egy fogékony fajta ('Piros Vilmos') éretlen gyümölcsseinek szövetéből vettük a szénhidráttartalom változás- és az összes polifenoltartalom meghatározáshoz. Az enzimaktivitás meghatározásokhoz a fent említett két fajtán kívül egy japán körte ('Hosui') is szerepelt, valamint a kísérlet első évében (2003-ban) a vizsgálatokat még kiegészítettük a Packham's Triumph' és a 'Kieffer' fajta éretlen gyümölcssei vizsgálatával.

A fertőzés hatására bekövetkező biotikus stresszválasz követésére a gyümölcs szöveiből dugófúróval (1 cm \varnothing) mintát vettünk (9. ábra) az inokuláció helyén (a) és a szúrás melletti szövetekből (b, illetve c). A mintavétel időpontjait a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat. A vizsgált fajták és mintavételi időpontok

Év	Fajta	Időpont (fertőzést követő óra)
2003	Pap körte	
	Piros Vilmos	0., 0,5., 48., 72.
	Hosui	96. (csak a Pap körte
	Packham's Triumph	esetében)
	Kieffer	
2004	Pap körte	
	Piros Vilmos	0., 2., 48., 72.
	Hosui	
2005	Pap körte	
	Piros Vilmos	0., 24., 48., 72., 168.
	Hosui	



9. ábra. Éretlen körtéből vett minták
a: az inokulációs pontban
b: 1 cm-re az inokulációtól
c: 2 cm-re az inokulációtól

4.3.1.2. Hajtások vizsgálata

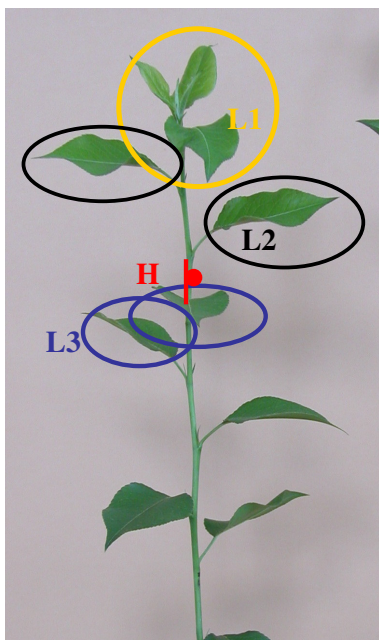
Konténeres, szemzett körteoltványokat (rezisztens: 'Kieffer' és fogékony: 'Packham's Triumph') üvegházban neveltünk, amíg a hajtások elérték a kb. 25-30 cm hosszúságot. Felülről a 2. kifejlett levél hónaljában baktérium szuszpenzióba (5×10^8 sejt/ml) mártott injekciós tűvel megszúrtuk a hajtást. A kísérlethez desztillált vizes kontrollt alkalmaztunk.

Az előkísérleteket 2003-ban kezdtük el, a fertőzés utáni 1., 5., (fogékony és rezisztens fajtánál) és 14. napon (csak a rezisztens fajtánál) vettünk hajtásmintákat a fertőzött és a kontroll növényekről egyaránt. A mintavétel a szúrás fölött illetve alatt egy-egy centiméterrel, három centiméteres hajtásdarabok levágásával történt.

2007-ben a fertőzés körülményei ugyanazok voltak, de sűrítettük a mintavétel időpontjait. Mind a fogékony, mind a rezisztens fajták hajtásdarabjaiból és leveleiből vettünk mintát a fertőzés pillanatában, 0. óra, a fertőzést követő fél, egy, három, hat, tizenkét,

huszonnégy és negyvennyolc órával. A következő helyekről vettünk mintát: csúcsi levelek (L_1), a fertőzési pont feletti 2 kifejtett levél (L_2), a fertőzési pont alatti 2 levél (L_3), az inokulációs pont alatti és feletti 3-3 cm-es hajtásdarab (H) (10. ábra). A mintavétel minden esetben három ismétlésben történt.

A minták peroxidáz (POD) enzimaktivitás változását, a szénhidrát frakciók- és az összes polifenoltartalom változásait mértük.



10. ábra. A biokémiai vizsgálatokhoz felhasznált növényi részek (2007)

L_1 : csúcsi levelek
 L_2 : a fertőzési pont feletti 2 kifejtett levél
 L_3 : a fertőzési pont alatti 2 levél
 H: az inokulációs pont alatti és feletti 3-3 cm-es hajtásdarab

A mikroszaporított növények hajtásaiból is vettünk mintát 2005-ben és 2006-ban. 2005-ben a modellkísérlethez 3 fajta állt rendelkezésünkre, a 'Bosc kobak' (közepesen fogékony), a 'Packham's Triumph' és a 'Tongre' (nagyon fogékony fajták). 2006-ban a rezisztens 'Harrow Sweet' és a nagyon fogékony 'Packham's Triumph' fajtákból tudtunk mintát venni. A fertőzést a 4.2.4. pont alapján végeztük. A tünetek a fertőzés után az 5. napon jelentkeztek, a mintavétel a fertőzést követő 2., 4., és 6. napon (2005) valamint 1., 4., 6., 8., és 12. napon (2006) történt.

Mértük a kontroll és fertőzött szövetekben a peroxidáz aktivitást (POD) és az összes polifenoltartalmat (F).

4.3.2. Vizsgálati módszerek

Enzimaktivitás meghatározás

Az enzimaktivitás meghatározásokat a Budapesti Corvinus Egyetem, Alkalmazott Kémia Tanszékén, Stefanovitsné dr. Bányai Éva irányításával végeztem. A mintákból kb. 250-300 mg-ot mértünk be, és a hajtásoknál (2003-ban) ötszörös, illetve a gyümölcsöknél négyszeres

mennyiségű hideg Tris pufferrel (pH=7,5) homogenáltuk, amely 10% glicerolt, 10% Triton x 100-at, 5% PEG (polietilén-glikol) 4000-et és 5% NaCl-ot tartalmazott. (A gyümölcsök vizsgálatánál a növényi mintát és a puffert előre hűtött dörzsmozsarakban kvarchomok jelenlétében homogén állapotúvá dolgoztuk, illetve a hajtások vizsgálatánál (2007-ben) folyékony nitrogént használtunk). Az így előkészített mintát 13000 fordulat/percen 25 percig 4°C-on Mikro 22R centrifugán lecentrifugáltuk. A centrifugálás után a felülúszót elválasztottuk a csapadéktól, a mérések minden esetben centrifugált minták tiszta felülúszójából történtek.

A peroxidáz enzim aktivitását H_2O_2 szubsztrát és ortodianidizin kromogén reagens jelenlétében ($\epsilon = 11.3$), $\lambda = 460$ nm-en mértük (Shannon et al., 1996). A polifenoloxidáz enzim aktivitását katekol segítségével $\lambda = 420$ nm-en határoztuk meg spektrofotometriás úton (Jen és Kahler, 1974). A méréseket Varian DMS 100S típusú spektrofotométeren végeztük.

Az enzimaktivitások értékét mindkét enzim esetében 250 mg/ml-es törzsoldatból számoltuk, az eredményeket U/ml-ben adtuk meg.

Összes polifenoltartalom meghatározás

Az összes polifenoltartalom vizsgálatát az Alkalmazott Kémia Tanszékén, Stefanovitsné dr. Bányaí Éva irányításával végeztem. 200 mg mintát dörzsöltünk el 800 μ l metanol-desztyillált víz, 80:20 v/v elegyével és 5 perc 15000 ford. 4°C centrifugálás után a mérésekhez a felülúszót használtuk. Az összes polifenol tartalmat spektrofotometriás úton $\lambda = 720$ nm-en Folin-Ciocalteu reagenssel határoztuk meg (Singleton és Rossi, 1965). Az eredményeket mg/ml-ben, galluszsavra vonatkoztatva adtuk meg.

Szénhidráttartalom meghatározás

A mintákat hűtött dörzsmozsárban kvarchomokkal (2003-2005), illetve folyékony nitrogénnel (2007) homogenáltuk. 200 mg homogenátumhoz 0,8 ml extraháló oldatot (metanol-desztyillált víz, 80:20 v/v) adtunk, majd 20 perces ultrahangos rázatást követően a mintákat 10.000 g gyorsulással, 10 percig centrifugáltuk. A mintákban levő szénhidrát vegyületek kromatográfiás meghatározását a Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Genetika és Növénynevelés Tanszékén dr. Sárdi Évával- (2003 és 2004-ben), és a Gyümölcstermő Növények Tanszékén dr. Végvári Györggyel (2005, 2007) végeztük.

Az **OPLC**-vel történő meghatározáshoz Hamilton fecskendővel, Kieselgel 60 F_{254} vékonyréteg lapra vittük fel a mintákat és a minőségi és mennyiségi azonosításhoz szükséges standard vegyületeket (5 μ l). A standard keverék 1 mg/ml koncentrációban xylózt, fruktózt,

glükózt, galaktózt, szacharózt, maltózt és raffinózt tartalmazott. A szénhidrát frakciók elválasztása túlnyomásos rétegekromatográfiás műszerrel (OPLC-NIT Kft, Budapest) történt. Az eluens acetonitril-desztillált víz 85:15 v/v arányú elegye volt. A két egymást követő futtatás paraméterei a következők voltak: nyomás 50 bar, futtatás sebessége 350 µl/min, mobil fázis összes térfogata 6500 µl, mobil fázis térfogata a kezdeti, gyors fázis alatt 250 µl, futtatás ideje 1121 sec.

A 200 ml acetont, 20 ml foszforsavat (86%-os), 4 ml anilint és 4 g difenil-amint tartalmazó reagenst porlasztva vittük fel a vékonyréteg lapra, majd szárítószekrényben 120°C-on 5 percig hevítettük, aminek hatására különböző színben jelentek meg az elválasztott szénhidrát vegyületek. Az előhívás után a szénhidrát frakciók mennyiségét denzitométerrel (Shimadzu Co., Kyoto, Japán) határoztuk meg ($\lambda=540$ nm). A vizsgált minták denzitométer jelének standardhoz való viszonyításával számítottuk ki a szénhidrát koncentrációját (Sárdi et al., 1996).

A HPLC-vel (High Pressure Liquid Chromatography) történő cukor-meghatározáshoz a centrifugálás után letisztult felülúszót 0,45 µm MILLEX-HN szűrővel tisztítottuk, és a szűrletet injektálás után a WATERS HPLC (34 Maple street Milford MA 01757 USA) géppel analizáltuk (részei: 2414 Refractive Index detektor, 1525 Binary HPLC pumpa, EMPOWER™ 2 szoftver).

Kromatográfiás rendszer jellemzői:

Oszlop: Waters Sugar-Pak I column (300 mm x 6,5 mm)

Mozgó fázis: desztillált víz, mely tartalmazott 50mg Ca EDTA-t (Calcium disodium ethylene diamine tetraacetate).

Áramlási sebesség: 0,5 cm³·min⁻¹

Termosztát hőmérséklete: Az oszlopot temperálta, 90 °C

A kolomnán levő nyomás: 450±20 psi

Detektálás hőmérséklete: 40 °C

Érzékelő berendezés: RI (refractive index detector 2414)

Injektált mennyiség: 20 µl

Mérési idő: 30 perc/minta

A vizsgált cukorfrakciók retenciós ideje a következő volt: glükóz 10,08 perc; szacharóz: 8,31 perc; galaktóz: 11,00 perc; fruktóz: 11,77 perc; szorbitol: 15,43 perc.

A biokémiai vizsgálatokat három ismétlésben végeztük. A szórásokat minden esetben feltüntettük az ábrákon.

4.4. A kísérletek értékelése

4.4.1. Virágszervek fogékonyságának értékelése

A *termőgallyak permetezésénél* az értékelést a fertőzést követő 4. napon végeztük, a betegség előrehaladtáról a vacok, a csészelevelek, a szíromlevelek, a porzók és a bibe barnulása adott információt.

Az egyes virágszervek értékelésénél a betegség mértékét a $B_v = (n_b/n) \times 100$ képlettel

számoltuk, ahol

B_v : a betegség mértéke a virágon,

n_b : a beteg virág szerv száma,

n : az összes virág szerv számát jelöli

A virágszervek fertőződésének (elbarnulásának) összesített értékelése alapján négy fogékonysági csoportot különítettünk el.

0-25% - mérsékelten rezisztens (MR)

26-50% - közepesen fogékony (KF)

51-75% - nagyon fogékony (NF)

>76% - igen erősen fogékony (EF)

A *Kapillaris technikánál* a fertőzést követően négy nap inkubációs idő után kezdtük meg az egyes virágszervek tüneteinek értékelését. A **betegség mértékét** a virágokon (B_v) a virágszerveken jelentkező (bibe, porzók, szírom-, csészelevelek és vacok) tünetek erőssége alapján számoltuk 0-3 fokozatú skála (fertőzési index, 11. ábra) segítségével.



0 – tünetmentes

1 – 30%-ig barnult szerv (bibe és porzó)

2 – 60%-ig barnult szerv (csésze és vacok)

3 – 100%-ig barnult virág

11. ábra. A virágszervek tüneteinek erőssége (fertőzési index)

Az egyes virágszervek értékelésénél a betegség mértékét a $B_v = \sum f_i \times n_i/n$ képlettel számoltuk:

B_v : a betegség mértéke a virágszerveken,

f_i : a fertőzési index (tünetek erőssége),

n_i : a fertőzési indexhez tartozó gyakoriság,

n : a fajtán belül vizsgált összes növényi rész.

A B_v érték alapján soroltuk be a fajtákat fogékonysági csoportokba.

0 – 0,75 (0 - 25%) – mérsékelten rezisztens (MR)

0,76 – 1,5 (26 - 50%) – közepesen fogékony (KF)

1,51 – 2,25 (51 - 75%) – nagyon fogékony (NF)

2,26 – 3 (76 - 100%) – igen erősen fogékony (EF)

4.4.2. Hajtások fogékonyságának értékelése

Az értékelést fertőzés után egy héttel kezdtük meg, majd négynaponta összesen négyszer ismételtük. Valamennyi értékelésnél hajtásonként megmértük a fertőzött hajtásrész hosszúságát (cm), s így rögzítettük a kórfolyamat terjedését. Meghatároztuk:

- ❖ a **nekrózis %-át** az alábbi képlet alapján

$$N (\%) = (\text{nekrózis hossza/fertőzött hajtás hossza}) \times 100$$

Fajtánként átlagoltuk a mérési adatokat. A fajtákat fogékonysági kategóriákba soroltuk:

- 0-25%** - mérsékelten rezisztens (MR)
- 26-50%** - közepesen fogékony (KF)
- 51-75%** - nagyon fogékony (NF)
- >76%** - igen erősen fogékony (EF)

- ❖ a **betegség mértékét** a hajtásokon (B_h) a levelek, levélerek és a hajtás barnultságának és a hajtáscsúcs hervadásának mértéke alapján is értékeltük 0-5 fokozatú skála (fertőzési index, 12. ábra) segítségével (Horsfall és Barratt, 1945). Ez az értékelési mód a fertőzési folyamatot részletesebben követte, ahol figyelembe vettük a levelek állapotát is.

- 0** – a szúrás (fertőzés) helye beszáradt, nem terjedt tovább;
- 1** – a fertőzés fölött és alatt a hajtásrész megbarnul, de a levelek épek;
- 2** – a hajtáson a barnulás mértéke növekszik és a leveleken a főér barnul;
- 3** – a szúrás fölötti hajtás elbarnult és meghajlott;
- 4** – a levél barnul a fertőzés alatt is, de még vannak ép levelek;
- 5** – teljes elbarnulás az egész hajtáson.



12. ábra. A betegség tüneteinek erőssége a hajtásokon (fertőzési index)

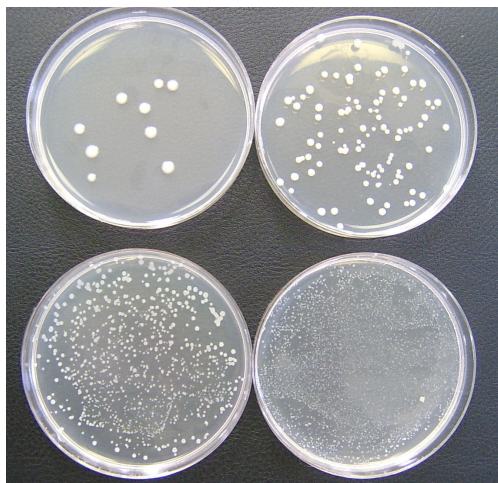
A betegség mértékét a $B_h = \sum f_i \times n_i / n$ képlettel állapítottuk meg (Bertrand és Gottwald, 1978)

- B_h : a betegség mértéke a hajtáson,
- f_i : a fertőzési index (tünetek erőssége),
- n_i : a fertőződési indexhez tartozó gyakoriság,
- n : a fajtán belül vizsgált összes hajtás.

Fajtánként átlagoltuk a mérési adatokat. Az így számított B_h érték alapján a fajták jellemzéséhez négy fogékonysági csoportot különítettünk el:

- 0-1,25** (0-25%) - mérsékelten rezisztens (MR)
- 1,26-2,5** (26-50%) - közepesen fogékony (KF)
- 2,51-3,75** (51-75%) - nagyon fogékony (NF)
- 3,76-5** (>76%) - igen erősen fogékony (EF)

- ❖ a baktérium szaporodásának mértékét a fertőzött növényi szövetben a baktériumsejtek visszaizolálásával igazoltuk (2003, 2004). Az inokulációs ponttól számítva a gyökér irányába lemértünk 3 cm-t. A mintákhoz (3 db/fajta) az e terület alatti egy cm-es nagyságú hajtásdarabokat használtuk fel. Alkoholos fertőtlenítés után a hajtásdarabokat steril mozsárban 1,6 ml/hajtásdarab steril H₂O-val homogenáltuk, majd ebből tízes lépték szerint hígítási sort készítettünk. A hígításokból Nutrient agarra cseppentettük 100 µl-t, majd üvegbottal szélesztettük (13. ábra). A mintákat 48 h-ig 26°C-on inkubáltuk, majd a kifejlődött kolóniákat megszámloltuk.



13. ábra.

Fertőzött hajtásdarabból izolált *E. amlovora* kolóniák, hígítási sor
(bal-felsőtől: 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1})

A kapott adatok alapján a vizsgált növényeket a következő csoportokba soroltuk:

0 – 10^5 baktériumsejtszám / 1cm hajtás: mérsékelten rezisztens (MR)
 $10^5 + 1 - 10^6$ baktériumsejtszám / 1cm hajtás: közepesen fogékony (KF)
 $10^6 + 1 - 10^7$ baktériumsejtszám / 1cm hajtás: nagyon fogékony (NF)
 10^7 felett igen erősen fogékony (EF)

4.4.3. Éretlen gyümölcsök fogékonyságának értékelése

A gyümölcsöket a fertőzés után folyamatosan figyeltük, majd négy nap elteltével összesítettük a tüneteket. Gyümölcsfertőzéskor kétféle tünettípust vizsgáltunk; a szűrés körül kialakult tünetet mutató rész átmérője és jellege alapján kategorizáltunk, figyelembe véve a keletkezett baktériumnyálka-csepp átmérőjét is (5. táblázat). Ezek alapján számoltuk a betegség mértékét és osztottuk hat kategóriába a fajtákat (14. ábra).

5. táblázat. Éretlen gyümölcsök értékelése

Fertőzési index	Nekrotikus foltok átmérője (mm)	Cseppátmérő (mm)
0	tünetmentes gyümölcs, vagy beszáradt nekrotizálódott folt nyálkacsepp nélkül	
1	0-5 mm	0-1 mm
2	6-10 mm	1-2 mm
3	11-20 mm	2-4 mm
4	21-30 mm	4-6 mm
5	>31 mm	>6 mm



14. ábra. A betegség tüneteinek erőssége éretlen körtegyümölcsökön (fertőzési index)

A kialakult betegség mértékét (B_{gy}) az oltványokhoz hasonlóan a következő képlettel

határoztuk meg: $B_{gy} = \sum f_i \times n_i / n$, ahol

B_{gy} a betegség mértéke gyümölcsön,
 f_i a fertőzési index (tünetek erőssége),
 n_i a fertőződési indexhez tartozó gyakoriság,
 n a fajtán belül vizsgált összes gyümölcs.

Az így kapott B_{gy} érték alapján négy fogékonysági csoportba soroltuk a fajtákat.





0 – 1,25 (0-25%) – mérsékelten rezisztens (MR)
1,26 – 2,5 (26-50%) – közepesen fogékony (KF)
2,51 – 3,75 (51-75%) – nagyon fogékony (NF)
3,76 – 5 (76-100%) – igen erősen fogékony (EF)

4.4.4. Mikroszaporított növények fogékonyságának értékelése

A tünetek az inokulálás után az 5. napon jelentkeztek, a nekrosis mértéke alapján bonitáltuk a növényeket (0-5-ig) és a már ismert fogékonysági kategóriákba soroltuk a fajtákat: MR (mérsékelten rezisztens), KF (közepesen fogékony), NF (nagyon fogékony), EF (igen erősen fogékony).

A **statisztikai értékeléshez** a csészelevelek, a vacok, a hajtások és az éretlen gyümölcsök fertőzöttségi adatai alapján hierarchikus cluster-analízist végeztünk az SPSS 14.0 program segítségével. Az értékelést elvégeztük növényi részenként éves lebontásban és az összes növényi részre együttesen. Az eredményeket dendrogramon ábráztuk.

A fogékonysági csoportokat a kiértékelés során mindig az alábbi színekkel jelöltük.

	mérsékelten rezisztens (MR)
	közepesen fogékony (KF)
	nagyon fogékony (NF)
	igen erősen fogékony (EF)

5. EREDMÉNYEK

5.1. Körtefajták tűzelhalás fogékonysága

5.1.1. Virágfertőzés eredményei

A virágzat fogékonysága illetve ellenálló képessége az egyik legfontosabb értékmérője a fajtának, hiszen a fertőzések a tavaszi virágzáskor következnek be. A virágok szabadföldi fertőződése a betegségi tünetek első megjelenését jelenti, először megbarnulnak és rendszerint lehullanak. A virágszáron keresztül fertőződnek a szomszédos levelek és a hajtás. Míg egyes irodalmak a teljes virágzat ellenállóságát jellemzik (Le Lezec és Belouin, 1991), mi arra is választ kerestünk, hogy melyik virágszerv fogékonysága jellemezheti legjobban a fajtát.

A fertőzést követően a tünetek már a második napon jelentkeztek, melyek markánsabbá váltak a negyedik napon. Ekkor végeztük az értékelést. A különböző virágszervek fertőzöttségét külön értékeltük.

A kísérlet első évében (**2001-ben**) a virágzatok inokulálása a szuszpenzió permetezésével történt, és a virágszervek fertőzöttségét (barnulását) százalékos arányban fejeztük ki. A fertőzött virágszervek értékelésénél tapasztaltuk, hogy a szíromlevelek elbarnulása a 'Nijisseiki' kivételével valamennyi vizsgált fajtánál bekövetkezett. A szíromlevelek károsodásának mértéke a fajták zöménél 20-50% közé esett, amelytől a 'Magness' és a 'Nijisseiki' alacsony fertőződési %-ával, a 'Packham's Triumph' pedig magas fertőződési %-ával tűnt ki. Az elbarnult szíromlevelek gyorsan lehullottak. A fenti indokok alapján ezeket az adatokat nem tartjuk a fajta jellemzésénél meghatározónak.

A fertőzést követően először a bibe és a porzók barnulnak/száradnak el, ezután terjed a kórokozó az alsóbb szövetekbe, a kocsány irányába. Tapasztalatunk alapján a fajtákat leginkább a termő (vacok) és a csészelevelek fogékonyságaival jellemezhetjük, hiszen e szervek barnulása mutatja a kórokozó folyamatos terjedését és a későbbi lehetséges hajtásfertőződést. Ezért a fajták értékelésekor elsősorban e szervek fogékonyságát vettük figyelembe. E virágszervek fertőződésének alapján az 'Avranches-i jó Lujza', a 'Harrow Delight', a 'Nijisseiki' ázsiai körtefajta, a 'Pap körte' és a 'Star' fajta mutatkozott a legellenállóbbnak, ugyanis e virágszerveken egyáltalán nem jelentkeztek a betegség tünetei. Igen alacsony (mérsékelt rezisztens) fertőződésével emelkedett ki a 'Hosui', a 'Magness', a 'Moonglow' és a 'Vilmos' fajta is (2. melléklet 1. táblázat).

2002-ben a virágok értékelését az Anyag és módszer 11. ábrája szerint végeztük, és a fertőzöttség megállapítása a számolt betegség mértéke alapján történt (B_v : 0-3). A csészelevél és a vacok fogékonyságának adatai alapján készített cluster analízis dendrogram ábrázolásában a mérsékelt rezisztens csoport jól láthatóan elkülönül a többi fogékonysági

kategóriától. E szerint ebbe a csoportba a 'Harrow Delight', a 'Hosui', a 'Nijisseiki', az 'Ilonka' és a 'Dr. Guyot Gyula' fajták tartoztak. E fajtáknál a csészelevél és a vacok fertőzöttsége az *E. amylovora* fertőzést követően nem érte el a 0,5 B_v értéket. Ettől a csoporttól a legtávolabb esik a 'Packham's Triumph', a 'Star', a 'Moonglow', az 'US-65062-13', az 'Árpával érő' és a 'Baki Bosc' fajták csoportja. E fajták az igen erősen fogékony csoportot képezik; a csészelevél és vacok fertőzöttsége a számított B_v érték szerint szinte minden esetben elérte a maximális 3-as értéket. A közepesen fogékony és a nagyon fogékony csoportot a dendrogram alapján nehéz elkülöníteni, mert a csoportok nehezen szétválaszthatók. A 'Bosc kobak', a 'Hardy vajkörte' és az 'Erdei vaj' fajtáknál a vacok erőteljesebben fertőződött, mint a csésze – ezeket a dendrogram is külön csoportba tette –, ezért a két szervet együtt értékelve ezeket a nagyon fogékony csoportba soroltuk. Az 'Avranches-i jó Lujza', a 'Conference' és a 'Giffard vajkörte' virágai szintén nagyon fogékonyak voltak a tűzelhalás betegségeire (2. melléklet 2. táblázat, 2. melléklet 1. ábra).

2003-ban már az Anyag és módszerben ismertetett kapilláris technikával fertőztük a virágokat (7. ábra), mely alkalmazásával meghatározott mennyiségű szuszpenziót (20 µl / virág) juttattunk a bibére. E fertőzési mód jobban hasonlít a természetben lejátszódó spontán fertőződéshez. Ebben az évben a mérsékelt rezisztens csoportba az 'Erdei vajkörte', a 'Hosui' és hibridje (HP25), a 'Nijisseiki' és hibridje (NP12) és a 'Kieffer' fajták tartoztak. Ezen fajták e virágszerveinek betegség mértéke nem érte el a 0,5 értéket. Ennél kicsit fogékonyabb volt, de még mindig mérsékelt rezisztens a 'Harrow Delight', a 'Clapp kedveltje' és az 'Avranches-i jó Lujza'. A fertőzéssel szemben közepesen fogékony volt a 'Bosc kobak', a 'Magness', a 'Bohusné vajkörte', a 'HW620', a 'Harvest Queen', és az 'Ilonka'. A többi fajta mind nagyon, illetve igen erősen fogékony volt. A 'Pap körte', a 'Packham's Triumph', a 'Fertilia Delbard' virágszervei közel 100%-ban elbarnultak a fertőzést követően, a kanadai 'Harrow Sweet' virágai szintén igen erősen fogékonyak voltak a tűzelhalás betegségeire (2. melléklet 3. táblázat, 2. melléklet 2. ábra).

2003-ban a termőgallyakon levő virágzatokat *E. amylovora* szuszpenzió permetezésével is fertőztük. E fertőzési móddal a kapilláris technikánál több szuszpenziót permeteztünk a virágokra, az előző fertőzési móddal összehasonlítva, a virágzatok erősebben fertőződtek: a fajták 60%-a nagyon, illetve igen erősen fogékony volt. Csak egy fajta volt, – melyet a dendrogramon is külön csoportban, a többi fajtától élesen elkülönülve láthatunk (2. melléklet 3. ábra) – a 'Nijisseiki', melyen tűzelhalás tünetek alig voltak, emellett az 'Avranches-i jó Lujza', a 'Clapp kedveltje' és a 'Magness' fajták tűntek ki a többi fajtánál alacsonyabb fertőződésükkel (15. ábra). E fajtáknál a szíromlevelek hamar lehullottak, a porzók is elbarnultak, de a csészelevelek és a vacok nem, illetve csak kissé fertőződtek. A

'Hardenpont téli vajkörte', a 'Packham's Triumph', a 'Dr. Guyot Gyula' és a 'Conference' (16. ábra) virágai fogékonyságban hasonló eredményt mutattak, mint a kapilláris technika alkalmazásánál már láttuk: igen erősen fogékonyak voltak a fertőzésre.



15. ábra. Az 'Avranchesi jó Lujza' és a 'Nijisseiki' mérsékelt rezisztens virágai a termőgallyak permetezése technikánál (2003)



16. ábra. A 'Dr. Guyot Gyula' igen erősen fogékony virágai és a 'Tongre' nagyon fogékony virágai nyálkacseppekkel a termőgallyak permetezése technikánál (2003)

A **2004-es** virágfertőzés eredményei részben hasonlítanak az előző évek eredményeihez, de néhány fajtánál eltérő eredményt kaptunk. Hasonlóan mérsékelt rezisztensek voltak az 'Avranchesi jó Lujza', az 'Erdei vajkörte', a 'Hosui', és a 'Nijisseiki' hibridei (NP25 és NP12), viszont a 'Nijisseiki' virágai sokkal fogékonyabbak voltak, mint azt a korábbi években tapasztaltuk. A 'Piros Vilmos' és a 'Vilmos' ebben az évben mérsékelt rezisztenciájával tűnt ki, míg korábban nagyon fogékony volt a tűzelhalás fertőzés hatására (2. melléklet 4. táblázat). A 'Kieffer' két virágszerve különbözőképpen fertőződött, – ezáltal külön csoportot alkot a dendrogramon (2. melléklet 4. ábra) –, míg a csészelevélen nem láttunk tüneteket, addig a vacok lényegesen elbarnult (B_v: 1,94).

A kísérlet utolsó évében, **2005-ben** 12 fajta virágainak fogékonyságát értékeltük; ezek

között főleg azok a fajták szerepeltek, amelyeket még csak egyszer fertőztünk, valamint az eddigi eredményeket tekintve a fogékonyági kategóriákba nem egyértelműen besorolható fajták is helyet kaptak. Ebben az évben mérsékelten rezisztensek a 'Hosui' és a 'Kieffer' fajták virágai-, közepesen fogékonyak pedig a 'Nijisseiki' és a 'Star' fertőzött virágai voltak (2. melléklet 5. táblázat).

A körtefajták virágainak relatív fogékonyágát a 6. táblázatban láthatjuk, évenkénti bontásban a csésze és a vacok fertőzöttségét pedig a 7. táblázat mutatja. Az adatok összesítéséhez külön kell értékelni a két fertőzési technika eredményeit; a **termőgallyak permetezését** (2002-2003) és a **kapilláris technikát** (2003-2005). A permetezési technika szerinti értékelésnél az első év (2001) adatait nem vettük figyelembe, mivel a többi évtől eltérő értékelési módszert használtunk.

A **termőgallyak permetezése** során mérsékelten rezisztens fajta csak a 'Nijisseiki' volt. Közepesen fogékonyak az 'Erdei vajkörte', a 'Clapp kedveltje', a 'Vilmos' fajták mutatkoztak. Több fajta eltérő mértékben volt fogékony a két évben; míg a 'Dr. Guyot Gyula', a 'Harrow Delight', az 'Ilonka' és a 'Magness' virágszervei 2002-ben mérsékelt rezisztenciát mutattak, 2003-ban a fertőzést követően nagyon, illetve igen erősen fogékonyak voltak. A 'Conference', a 'Giffard vajkörte', a 'Packham's Triumph' és a 'Tongre' virágszervei mindkét évben erőteljesen elbarnultak az inokulálást követően; ezáltal a nagyon fogékony, illetve igen erősen fogékony csoportba tartoztak.

A **kapilláris fertőzési technika** eredményeit összesítve kiemeltük a 'Hosui', az 'Avranchesi jó Lujza', az 'Erdei vajkörte' és a Nijisseiki hibridjét (NP12), ezek kerültek a mérsékelten rezisztens csoportba. A 'Kieffer' 2004-ben ellentmondásos eredményt mutatott, ezért 2005-ben is megismételtük a fertőzést, mely eredménye igazolta a virágok mérsékelt rezisztenciáját. Ezeket a fajtákat a dendrogram is egy csoportban ábrázolta (17. ábra). A 'Nijisseiki' virágai 2004-ban sokkal erőteljesebben fertőződtek, mint 2003-ban. Ezért 2005-ben megismételtük a fertőzést, mely eredményei alapján ezt a fajtát a közepesen fogékony csoportba helyeztük. Szintén ide tartozik a 'Clapp kedveltje'. A kanadai harrow-i intézet fajtái közül a 'Harrow Delight', a 'Harvest Queen', és a 'HW620' virágai 2004-ben szintén erősebben fertőződtek, mint 2003-ban, hasonlóan viselkedett a 'Magness' is. A 'Harrow Delight' a virágfertőzés összesített eredményei alapján a közepesen fogékony csoportba került, míg az utóbbi három fajta a nagyon fogékony kategóriába. Ellentmondásos eredményeket mutattak a 'Vilmos' és a 'Piros Vilmos' fajták, mely virágai 2004-ben sokkal kevésbé fertőződtek, mint 2003-ban. E fajták a 'Brozovaja'-val együtt a dendrogramon egy külön csoportban szerepelnek, így ezeket a korábbi évek eredményével egybevetve a közepesen fogékony kategóriában helyeztük el. Mindkét évben erősen barnultak a 'Fertilia

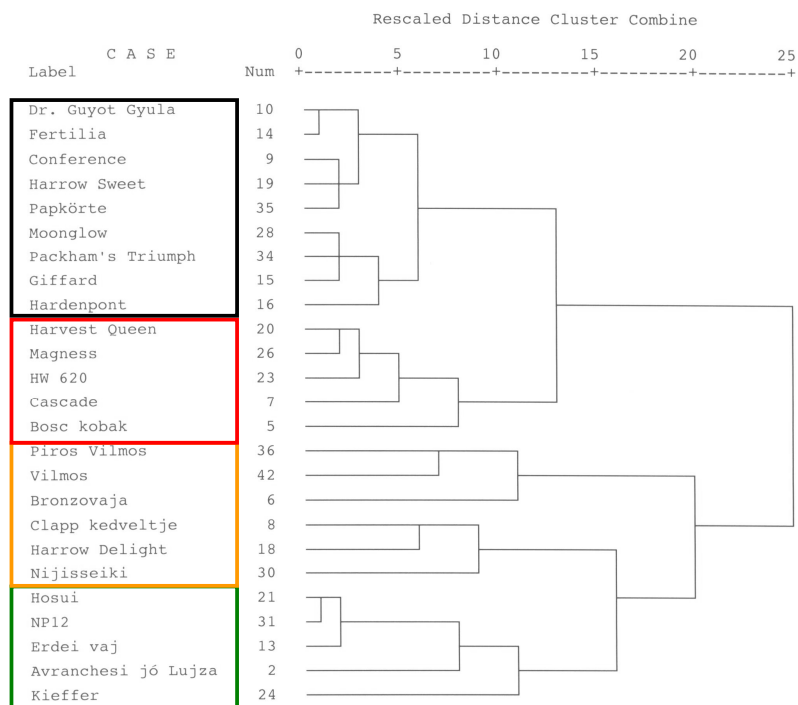
Delbard', a 'Conference', a 'Packham's Triumph', a 'Dr. Guyot Gyula', a 'Hardenpont téli vajkörte', a 'Harrow Sweet', a 'Moonglow' és a 'Pap körte' virágszervei, ezáltal az igen erősen fogékony kategóriába kerültek (18-19. ábra). Ezeket a cluster analízis is külön csoportba foglalta (17. ábra).

6. táblázat. Körtefajták virágainak relatív tűzelhalás fogékonyága (2002-2005)

Mérsékeltlen rezisztens	Közepesen fogékony	Nagyon fogékony	Igen erősen fogékony
'Avranches jó Lujza', 'Hosui', HP 12, 'Erdei vajkörte', 'Kieffer', NP 12	'Bohusné vajkörte', 'Bronzovaja', 'Clapp kedveltje', 'Harrow Delight', 'Ilonka', 'Nijisseiki', 'Piros Vilmos', 'Star', 'Vilmos'	'Bosc kobak', 'Eldorado', 'Giffard', 'Hardy vajkörte', 'Harvest Queen', 'Magness', 'Magyar kobak', 'Tongre'	'Baki Bosc', 'Cascade', 'Conference', 'Dr. Guyot Gyula', 'Fertilia Delbard', 'Hardenpont téli vajkörte', 'Harrow Sweet', 'HW620', 'Moonglow', 'Mosoly körte', 'Packham's Triumph', 'Pap körte', 'Porporata', 'US 65062-13'

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



17. ábra. Körtefajták virágszerveinek (vacok, csésze) fogékonysága* tűzelhalás fertőzést követően

*Betegség mértéke a virágokon (B_v) alapján (2003-2005)

MR - mérsékeltlen rezisztens, KF - közepesen fogékony, NF - nagyon fogékony, EF - igen erősen fogékony

7. táblázat. Körtefajták virágainak tüzelhalás fogékonyága a vacok és a csészelevél fertőzöttsége alapján (2002-2005)

Fajta	2002		2003a		2003b		2004		2005	
	csésze	vacok	csésze	vacok	csésze	vacok	csésze	vacok	csésze	vacok
Árpával érő	EF	EF								
Avranchesi jó Lujza	NF	NF	KF	MR	MR	KF	MR	MR		
Bohusné vajkörte					KF	KF			NF	KF
Baki Bosc	EF	EF							EF	NF
Bosc kobak	KF	NF	EF	EF	NF	KF	NF	NF	NF	NF
Bronzovaja			EF	EF	KF	EF	KF	KF		
Cascade					NF	NF	EF	EF		
Clapp kedveltje	KF	KF	KF	MR	KF	MR	KF	KF		
Conference	NF	NF	EF	EF	EF	EF	EF	EF		
Dr. Guyot Gyula	MR	MR	EF	EF	EF	EF	EF	EF		
Eldorado	KF	KF	NF	NF	NF	NF				
Eller Bartlett					KF	KF				
Erdei vaj	KF	NF	KF	KF	MR	MR	MR	MR		
Fertilia Delbard					EF	EF	EF	EF		
Giffard vajkörte	NF	NF	NF	NF	MR	EF	EF	EF		
Hardenpont téli v.	KF	KF	EF	EF	NF	EF	EF	EF		
Hardy vajkörte	KF	NF							NF	NF
Harrow Delight	MR	MR	EF	EF	KF	MR	NF	NF		
Harrow Sweet					EF	EF	EF	EF		
Harvest Queen					KF	KF	EF	EF		
Hosui	MR	MR	NF	KF	MR	MR	MR	MR	KF	MR
HP25			NF	KF	MR	MR				
HW 620			EF	EF	KF	KF	EF	EF		
Kieffer			EF	EF	MR	MR	MR	NF	MR	MR
Ilonka	MR	MR	EF	EF	KF	KF				
Magness			KF	MR	KF	KF	EF	EF		
Magyar kobak			KF	KF	EF	EF				
Moonglow	EF	EF	KF	KF	NF	EF	NF	EF		
Mosoly körte					EF	EF			EF	EF
Nijisseiki	MR	MR	MR	MR	MR	MR	EF	EF	KF	KF
NP12			KF		MR	MR	MR	MR		
NP25							MR	MR		
NP49							KF	EF		
Packham's Triumph	EF	EF	EF	EF	NF	EF	EF	EF	EF	EF
Pap körte			EF	EF	EF	EF	EF	EF		
Piros Vilmos	KF	KF	EF	EF	EF	NF	MR	MR		
Porporata			EF	EF					EF	NF
Tongre	NF	NF	NF	NF	NF	NF				
Republica							EF	EF	EF	EF
Star	EF	EF					MR	MR	KF	KF
US 65062-13	EF	EF					EF	EF		
Vilmos	KF	KF	NF	KF	NF	EF	KF	MR		

MR: mérsékelt rezisztens

KF: közepesen fogékony

NF: nagyon fogékony

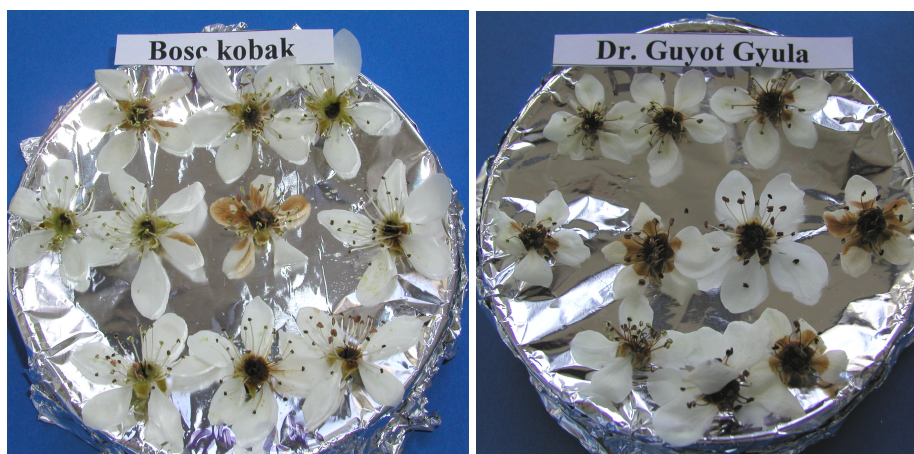
EF: igen erősen fogékony

2003a: a termőgallyak permetezése technika szerint

2003b: a kapilláris technika szerint



18. ábra. 'Kieffer' és 'Pap körte' virágai a tüzelhalás fertőzést követő 4. napon (2004)



19. ábra. 'Bosc kobak' és 'Dr. Guyot Gyula' virágai a tüzelhalás fertőzést követő 4. napon (2004)

5.1.2. Hajtásfertőzés eredményei

2000-ben kezdődött a körtefajták hajtásainak fertőzése, először magoncokon (Király, 2001). Az oltványok hajtásainak fertőzését 2001-2005-ig végeztük.

Az oltványfertőzést magyar, történelmi körtefajtákkal és a szakirodalomból rezisztensnek, illetve fogékonyak ismert kontroll fajtákkal kezdtük el, 12 fajtával (2001). A fajták között teljesen rezisztens nem találtunk, az utolsó értékelési időpontban mérsékelten rezisztens csak a 'Kieffer' fajta volt (2. melléklet 6. táblázat). A cluster analízis eredménye alapján rajzolt dendrogramon a 'Vilmos'-, a vizsgált magyar fajták között csak a 'Bohusné vajkörte' és a – rezisztens kontroll – 'Harrow Sweet' került a közepesen fogékony csoportba (2. melléklet 5. ábra). A betegség mértéke érték alapján (B_h) a 'Magyar kobak' csak közepesen fogékony volt a fertőzéssel szemben, de a 2 számított értéket figyelembe véve (B_h , $N\%$) a cluster analízis a nagyon fogékony kategóriába sorolta. Szintén ebbe a csoportba tartozott a legtöbb vizsgált történelmi és magyar eredetű fajta; a 'Pap körte', a 'Marik

kedveltje' a 'Mosoly körte', az 'Ilonka' és az 'Orsolya'. A 'Ferenc vérbélű' és a 'Bosc kobak' hajtásai voltak a legfogékonyabbak a tűzelhalás betegséggel szemben, így ezek az igen erősen fogékony kategóriába kerültek.

2002-ben 21 fajta oltványainak hajtásait fertőztük és értékeltük, megismételtük az előző évben vizsgált történelmi és magyar fajták vizsgálatát, valamint ezt még kiegészítettük a főbb árufajták értékelésével. A számolt értékek alapján ($N\%$, B_h) többnyire ugyanabba a kategóriába soroltuk a fajtákat. Ebben az évben szintén a 'Kieffer' hajtásai fertőződtek a legkevésbé, és ismételten a többinél gyengébben fertőződött a 'Bohusné vajkörte'. A számolt értékek alapján a 'Clapp kedveltje' és a 'Harrow Sweet' fajtákat a közepesen fogékony csoportba helyeztük, viszont a dendrogramon ezek – a többi fajtánál jóval kisebb mértékű fertőzöttségük miatt – a 'Bohusné vajkörte' és a 'Kieffer'-rel közös csoportban szerepeltek (2. melléklet 6. ábra). A vizsgált 21 fajta nagy része (80%-a) nagyon fogékony, illetve igen erősen fogékony volt a tűzelhalással szemben. A fertőzésre a legfogékonyabbak a 'Marik kedveltje', a 'Nijisseiki', a 'Mosoly körte', a 'Ferenc vérbélű', a 'Pap körte' és az 'Erdei vajkörte' fajták voltak, ezek hajtásai szinte 100%-ban elbarnultak (2. melléklet 7. táblázat).

2003-ban 29 fajta bevonásával végeztük a hajtások fogékonyságának értékelését. Ebben az évben főbb árufajtákat, hazánkban még kipróbálás alatt álló fajtákat, japán körtefajtákat és hibridjeiket fertőztük. A számolt értékek alapján és a cluster analízis szerint is két fajta került a mérsékelt rezisztens kategóriába. A fertőzést követő 19. napon a 'Kieffer' fajtán szinte alig mutatkoztak a tűzelhalás tünetei (B_h : 0,33), ennél a 'Moonglow' kicsit erősebben fertőződött (B_h : 1,13). A számolt értékek szerint közepesen fogékonyak voltak a fertőzésre a 'Magness', a 'Giffard vajkörte', a 'Hosui', a 'Cascade' és a 'Harrow Delight' fajták. A cluster analízis alapján készült dendrogramon látszódik, hogy ezekkel egy csoportba került a 'Star' és a 'Hosui' egyik hibridje is (HP 12). A fajták többsége (69%-a) a hajtásfertőzés eredményei alapján nagyon fogékony, illetve igen erősen fogékony volt a tűzelhalás fertőzéssel szemben. Ezek közül is kitűnt a 'Bronzovaja' és a 'Porporata' fajta, melyeknél a számított betegség mértéke elérte az 5-ös értéket (2. melléklet 8. táblázat). Ez a két csoport a dendrogramon élesen elkülönült a mérsékelt rezisztens és a közepesen fogékony csoportoktól (2. melléklet 7. ábra).

2004-ben 34 fajtát fertőztünk, megismételtük az előző évben vizsgált fajták fertőzését, és még néhány fajtaújdomansággal kiegészítettük ezeket. Ebben az évben a fertőzést követő 19. napon nem mutatott tüneteket a 'Moonglow' és a 'Harrow Sweet' (20. ábra). Ezeknél kicsit erősebben fertőződött a 'Harrow Delight' és az US hibrid, de a számított értékek alapján és a cluster analízis szerint is a mérsékelt rezisztens kategóriában foglaltak helyet (2. melléklet 9. táblázat, 21. ábra).



20. ábra. A 'Harrow Sweet' és 'Moonlgow' rezisztens hajtásai a tüzelhalás fertőzést követő 19. napon (2004)



21. ábra. A 'Harrow Delight' és az 'US 65062-13' mérsékelten rezisztens hajtásai a tüzelhalás fertőzést követő 19. napon (2004)

A nekrosis %, és a betegség mértéke számított értékek alapján és a cluter analízis szerint is közepesen fogékony volt az 'Avranchesi jó Lujza', a 'Dr. Guyot Gyula', a 'Star', a 'Kieffer', a 'Cascade' és a 'Giffard vajkörte'. A 'Dr. Guyot Gyula' esetében a hajtások sokkal gyengébben fertőződtek, mint az előző években, a 'Kieffer' hajtásai pedig kicsit erősebben. A fajták nagyobbik része, 68%-a nagyon, vagy igen erősen fogékony volt a hajtásfertőzést követően. Nagyon fogékony volt a pl. a 'Vilmos' és a 'Conference', igen erősen fogékony pedig a 'Bosc kobak' és a 'Tongre' (22-23. ábra). Ezek az eredmények mind megegyeznek az előző évek eredményeivel.



22. ábra. A 'Vilmos' és a 'Conference' nagyon fogékony hajtásai a tűzelhalás fertőzést követő 19. napon (2004)



23. ábra. A 'Bosc kobak' és a 'Tongre' igen erősen fogékony hajtásai a tűzelhalás fertőzést követő 19. napon (2004)

2005-ben megismételtük az oltványfertőzést, az előző évekhez képest kevesebb, 14 fajttal. Elsősorban azokat a fajtaakat fertőztük, mely hajtásainak fogékonyságáról még csak egy év adatai álltak rendelkezésre. Az előző évhez hasonlóan a 'Harrow Sweet' és a 'Moonglow' fajtaikon a fertőzést követő 19. napon nem mutatkoztak a tűzelhalás tünetei. Az 'US 65062-13' szintén csupán mérsékelt rezisztens volt a számított B_h és $N\%$ alapján. Ez értékek szerint közepesen fogékonyak voltak az 'Avranches jó Lujza' és a 'Clapp kedveltje' fajta (2. melléklet 10. táblázat). Ezeket a dendrogram – a többi fajtától sokkal alacsonyabb fertőződésük miatt – a mérsékelt rezisztens csoporttal együtt ábrázolta (2. melléklet 9. ábra). A többi 9 fajta a hajtásfertőzés alapján az előző évekhez hasonlóan nagyon, illetve igen erősen fogékony volt a tűzelhalással történő fertőzést követően.

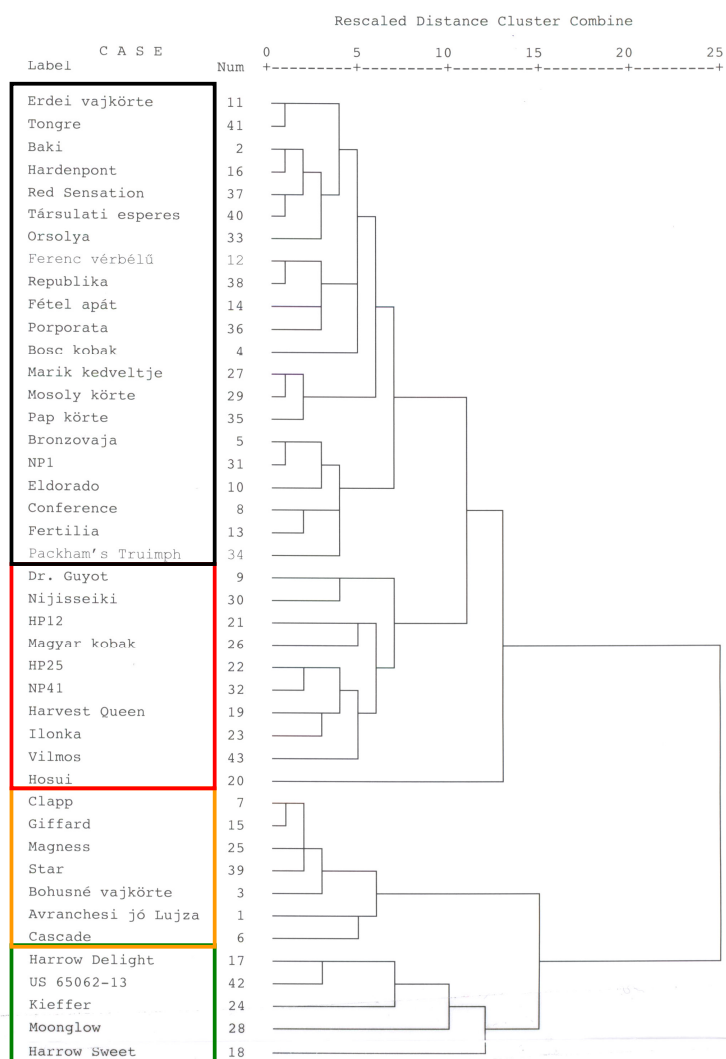
A hajtásfertőzés összesített eredményeit a 8-9. táblázatok és a 24. ábra mutatja be. Az értékelés utolsó (4.) időpontjában számolt értékekből (betegség mértéke a hajtásokon: B_h) végzett cluster analízis dendrogramján gyakorlatilag két jól elkülönülő csoport látszik; a mérsékelt rezisztens és közepesen fogékony csoport világosan elkülönült a nagyon, illetve igen erősen fogékony csoporttól. A hajtásfertőződés alapján a mérsékelt rezisztensek a 'Harrow Sweet', a 'Harrow Delight', a 'Kieffer', a 'Moonglow' és az 'US 65062-13' fajták voltak. A dendrogramon e mellett helyezkedik el a közepesen fogékony kategória, melybe az 'Avranchesi jó Lujza', a 'Bohusné vajkörte', a 'Clapp kedveltje', a 'Magness', a 'Star', a 'Giffard vajkörte' és a 'Cascade' fajták tartoztak. A fajták nagyobbik része (71%-a) pedig a hajtásfertőződés alapján nagyon, illetve igen erősen fogékony volt a tűzelhalás betegséggel szemben.

8. táblázat. Körtefajták hajtásainak relatív tűzelhalás fogékonyága (2001-2005)

Mérsékelt rezisztens	Közepesen fogékony	Nagyon fogékony	Igen erősen fogékony
'Harrow Delight', 'Harrow Sweet', 'Kieffer', 'Moonglow' 'US 65062-13'	'Avranchesi jó Lujza', 'Bohusné vajkörte', 'Cascade' 'Clapp kedveltje', 'Giffard vajkörte', 'Magness', 'Star',	'Dr. Guyot Gyula', 'Hardy vajkörte', 'Harvest Queen', 'Hosui' és hibridjei, 'Ilonka' 'Magyar kobak', 'Marik kedveltje', 'Mosoly', 'Nijisseiki', 'Orsolya', 'Vilmos'	'Baki Bosc', 'Bosc kobak', 'Bronzovaja', 'Conference', 'Eldorado', 'Erdei vajkörte', 'Fertilia Delbard', 'Ferenc vérbélű', 'Fétel apát', 'Hardenpont téli vajkörte', 'Packham's Triumph', 'Pap körte', 'Porporata', 'Red Senzation', 'Republica', 'Társulati esperes', 'Tongre'

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



24. ábra. Körtefajták hajtásainak fogékonysága* tűzelhalás fertőzést követően
 *betegség mértéke a hajtáson: B_n alapján (2001-2005)

MR: mérsékelten rezisztens, KF: közepesen fogékony, NF: nagyon fogékony, EF: igen erősen fogékony

9. táblázat. Körtefajták relatív tűzelhalás fogékonysága a hajtásfertőzést követően (2001-2005)

Fajták	2001		2002		2003		2004		2005	
	B _h *	N%**	B _h	N%	B _h	N%	B _h	N%	B _h	N%
Avranches jó Lujza							MR	KF	KF	KF
Baki Bosc			EF	NF			EF	EF		
Bohusné vajkörte	NF	KF	KF	KF						
Bosc kobak	EF	EF	NF	NF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Bronzovaja					EF	EF	NF	NF		
Cascade					KF	KF	KF	KF		
Clapp kedveltje			KF	KF					KF	KF
Conference			EF	NF	EF	EF	NF	NF	EF	NF
Dr. Guyot Gyula			EF	EF	EF	EF	KF	KF		
Eldorado					EF	EF	NF	NF	EF	EF
Erdei vajkörte			EF	EF	NF	NF				
Ferenc vérbélű	EF	EF	EF	EF						
Fertilia Delbard					EF	EF	NF	NF	EF	NF
Fétel apát							EF	EF	EF	EF
Giffard vajkörte					KF	KF	KF	KF		
Hardenpont téli vajk.					EF	EF	EF	EF		
Harrow Delight					KF	KF	MR	MR		
Harrow Sweet	KF	KF	KF	KF			MR	MR	MR	MR
Harvest Queen			NF	NF	NF	NF	NF	NF		
Hosui					KF	KF	NF	NF	EF	EF
HP12					NF	NF	NF	NF		
HP25							NF	EF	NF	NF
Ilonka	NF	NF	NF	EF						
Kieffer	MR	KF	MR	MR	MR	MR	KF	KF		
Magness					KF	KF	KF	NF		
Magyar kobak	KF	NF	NF	NF						
Marik kedveltje	NF	NF	EF	EF						
Moonglow					MR	MR	MR	MR	MR	MR
Mosoly körte	NF	NF	EF	EF						
Nijisseiki			EF	EF	NF	NF	NF	NF		
NP1					EF	EF	EF	EF	EF	EF
NP41					EF	EF	NF	NF		
Orsolya	NF	NF	EF	EF						
Packham's Triumph			NF	EF	EF	EF	EF	EF		
Pap körte	NF	NF	EF	EF	EF	EF	EF	EF		
Porporata					EF	EF	EF	EF		
Red Sensation					EF	NF	EF	EF		
Republika					EF	EF	EF	EF		
Star					KF	KF	KF	KF		
Társulati esperes					EF	NF	EF	EF		
Tongre			EF	EF	NF	EF	EF	EF		
US 65062-13							MR	MR	MR	MR
Vilmos	KF	KF	NF	EF	EF	EF	NF	NF	NF	EF

*B_h: a betegség mértéke alapján (számított érték)

**N%: a nekrozis alapján

MR: mérsékelten rezisztens

KF: közepesen fogékony

NF: nagyon fogékony

EF: igen erősen fogékony

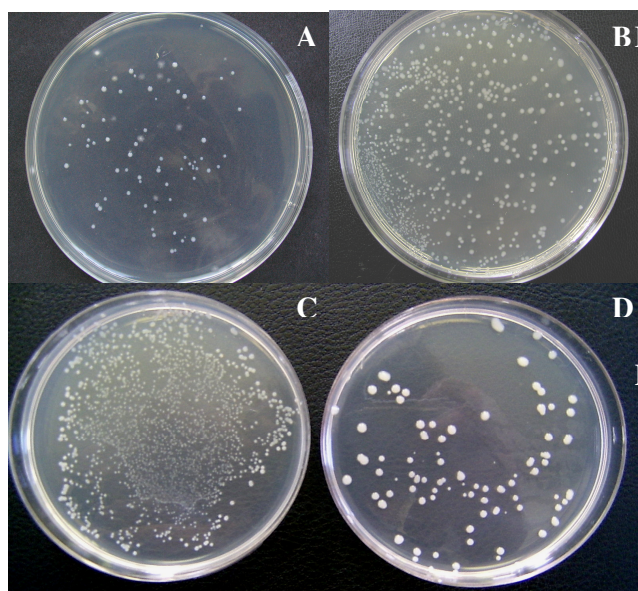
***E. amylovora* sejtszám meghatározás**

Egy adott fajta fogékonysága/rezisztenciája nemcsak a látható betegségi tünetek kialakulásával, annak gyorsaságával és erősségével, hanem a növény szövetében, a fertőzés hatására lejátszódó változásokkal összefüggésben is jellemezhető. E folyamatok fontos eleme a szövetbe bejuttatott baktérium szaporodásának mértéke. Köztudomású, hogy a fogékony gazdaszövetben a baktérium sejtek szaporodása igen intenzív, míg rezisztens gazdaválasz esetén kisebb mértékű.

Egy cm-es hajtásdarabban levő baktérium sejtszámot 2003-ban és 2004-ben számoltunk (25. ábra; 2. melléklet 11-12. táblázat). A két év értékelésénél (a fajták csoportosításánál) azonos eredménynek tekintettük azokat, amelyeknél kevesebb, mint tízszeres (egy log nagyságrend) eltérés volt.

2003-ban a legkevesebb kolóniát az 1-cm-es 'Kieffer' hajtásából számoltuk, ami megfelel a hajtásfertőzés nekrozis %-a, és a betegség mértéke alapján számolt eredményeknek is. A 'Magness' a hajtásából izolált kolóniaszám alapján a közepesen fogékony kategóriába került, mely szintén megegyezett a tünetek alapján meghatározott kategóriával. Ebben az évben a 'Harrow Delight' és a 'Moonglow' fajták hajtásdarabjából számolt *E. amylovora* kolóniaszám nagyságrendekkel több volt, mint azt a vizuális tünetek alapján várható lett volna (2. melléklet 11. táblázat). Ez ráirányítja a figyelmet a látens fertőződésre, ami a baktériumsejt számlálással kiszűrhető. A látens fertőződés a termesztési gyakorlatban igen veszélyes tényező lehet, ugyanis a tünetmentes, egészségesnek tűnő hajtások/szövetek a fertőzés hordozói lehetnek. A többi fajtánál a baktérium sejtszám mennyiségéből kalkulált és a tünetek alapján meghatározott fogékonysági kategóriák összhangban voltak. Az 'Eldorado', a 'Tongre', a 'Vilmos' és a 'Conference' fajtákból izoláltuk a legtöbb *E. amylovora* kolóniát, melyek a tünetek alapján is nagyon/igen erősen fogékonyak voltak a fertőzésre.

2004-ben az 'Avranchesi jó Lujza', a 'Cascade', a 'Harrow Sweet', az 'US 65062-13', – az előző évben magas sejtszámú – 'Harrow Delight' és a 'Moonglow' hajtásából izoláltuk a legkevesebb kolóniát, mely fajták a tünetek alapján is a mérsékelten rezisztens kategóriába kerültek. A többi fajtánál a baktériumsejt alapján megállapított fogékonysági kategóriák szintén megegyeztek a tünetek alapján meghatározottakkal és ebben az évben látens fertőzésre utaló, a tünetek ellenére kiugró sejtszámmal sem találkoztunk. Kiemelkedően magas kolóniát izoláltunk a 'Fertilia Delbard', a 'Bosc kobak', a 'Packham's Triumph' és a 'Pap körte' hajtásaiból, mely szintén követte a tünetek erőssége alapján meghatározott fogékonysági kategóriákat (25. ábra, 10. táblázat, 2. melléklet 11-12. táblázat).



25. ábra. Az 'Avranches jó Lujza' (A: 10^{-2} -es hígításban = 2×10^4 sejt/1 cm-es hajtás), a 'Bosc kobak' (B: 10^{-4} -es hígításban = 6×10^7 sejt/1 cm-es hajtás), a 'Fertilia Delbard' (C: 10^{-3} -as hígításban = 9×10^7 sejt/1 cm hajtás) és a 'Moonglow' (D: 10^{-3} -as hígításban = 7×10^4 sejt/ 1 cm hajtás) fajtákból számolt *E. amylovora* kolóniák (2004)

10. táblázat. Körtefajták hajtásainak relatív tüzelhalás fogékonyasága 1-cm-es fertőzött hajtásban található *E. amylovora* sejtszám alapján

Fajta	2003	2004
Avranches jó Lujza		MR
Bosc kobak	EF	EF
Cascade	NF	MR
Conference	EF	EF
Dr. Guyot Gyula	NF	KF
Eldorado	EF	NF
Erdei vajkörte	NF	
Fertilia Delbard	NF	EF
Fétel apát		EF
Giffard vajkörte	NF	
Hardenpont téli vajkörte	NF	EF
Harrow Delight	NF	MR
Harrow Sweet		MR
Harvest Queen	EF	NF
Hosui	KF	NF
HP12	EF	EF
Kieffer	MR	
Magness	KF	KF
Moonglow	NF	MR
Nijisseiiki		NF
NP1	NF	NF
NP41	EF	EF
Packham's Triumph	NF	EF
Pap körte	NF	EF
Republika		EF
Star		NF
Tongre	EF	NF
US 65062-13		MR
Vilmos	EF	NF

MR: mérsékelten rezisztens
 KF: közepesen fogékony
 NF: nagyon fogékony
 EF: igen erősen fogékony

5.1.3. Éretlen gyümölcsök fogékonyága

A szakirodalomban a gyümölcsök fertőződésére kevés figyelmet fordítottak. A gyümölcsök fertőződése a természetben vagy az epidermisz lenticelláin keresztül, vagy sebzések által (rendszerint zápor, vagy jégeső után) jön létre, de a tünetek sokszor a szállítás, vagy tárolás után mutatkoznak. A betegség tüneteit a gyümölcs elszíneződése, és a baktériumos nyálkacseppek megjelenése mutatja. Az éretlen gyümölcsök fogékonyabbak, mint az érett gyümölcsök. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a túl nagy cukorkoncentráció (10% felett) már gátolja az *E. amylovora* baktérium szaporodását. A szaporodáshoz kedvező koncentráció 0,6-1,2 % (Hevesi et al., 2004).

Az éretlen gyümölcsök tesztelésénél a természetben előforduló külső sérüléseken át történő fertőződést imitáltuk laboratóriumi körülmények között. A fogékony fajtákon az inokuláció helyén diffúz, folyamatosan növekedő, vízzel átitatott foltok alakultak ki nyálkacseppel, a rezisztens fajtákon viszont határozott szélű, száraz, besüppedő konzisztenciájú nekrotikus foltokat figyeltünk meg, amely hiperszenzitív reakciónak tűnt.

A fertőzést követő 4. napon a gyümölcsökön megjelenő nyálkacsepp mérete (mm) és a nekrosis átmérője (mm) felhasználásával végzett cluster analízis eredményét évenként dendrogramokon mutatjuk be, a részletes adatokat (nyálkacsepp mérete, nekrosis nagysága, betegség mértéke a gyümölcsökön) pedig táblázatokban közöljük (2. melléklet 13-18. táblázat; 2. melléklet 10-15. ábra).

2001-ben mind a nekrotikus foltok átmérője és a nyálkacseppek mérete is nagyon alacsony volt a 'Hosui', a 'Nijisseiki' és a 'Packham's Triumph' fajtáknál, így ezen értékek alapján ezeket soroltuk a mérsékelten rezisztens kategóriába (2. melléklet 13. táblázat). A fajták nagyobbik része (64%-a) mérsékelten rezisztens, illetve közepesen fogékony volt a tűzelhalás betegségre az éretlen gyümölcsök fertőzése alapján. A 'Bohusné vajkörte' gyümölcssein a szűrés helyén kialakult nekrotikus foltok átlagos átmérője viszonylag nagy kiterjedésű volt (14,85 mm), viszont ezek a foltok határozott szélűek, szárazak voltak, nyálkacsepp alig volt észrevehető. Rezisztens típusú, beszáradt nekrotikus foltokat a 'Packham's Triumph', a 'Nijisseiki' és a 'Pap körte' fajták gyümölcssein is észrevettünk.

A nekrosis mérete és a nyálkacsepp nagysága alapján nagyon fogékonyak voltak a 'Conference', a 'Dr. Guyot Gyula', az 'Erdei vajkörte', az 'Ilonka', a 'Magness', a 'Moonglow', a 'Republica', a 'Tongre' és az 'US 65062-13' fajták. A 'Fertilia Delbard' gyümölcsén több, mint 30 mm-es nekrotikus foltokat és 6 mm-es nyálkacseppeket mértünk, ezáltal fogékonyágával kiemelkedett a többi fajta közül, és a dendrogramon is élesen elkülönült a többi fajtától (2. melléklet 10. ábra). A másodlagos nyálkacseppeket a 'Fertilia

Delbard', a 'Star', az 'Erdei vajkörte', a 'Republica', a 'Conference', és a 'Tongre' gyümölcssein figyeltünk meg.

2002-ben az értékeléskor 5 mm alatti nekrotikus foltokat és 0-1 mm-es nyálkacseppeket mértünk az 'Eldorado', a 'Hosui', a 'Nijisseiki', a 'Tongre' és a 'Hardenpont téli vajkörte' éretlen gyümölcssein, így ezek a fajták kerültek a mérsékelt rezisztens kategóriába, melyet a cluster analízis is megerősített (2. melléklet 14. táblázat, 2. melléklet 11. ábra). A 'Pap körte' nekrotikus foltjai nagyobbak voltak, mint 5 mm, de ezek beszáradt, rezisztens típusú foltok voltak nyálkacsepp nélkül, ezért ezt a fajtát is a mérsékelt rezisztens kategóriába helyeztük. A cluster analízis viszont ezt a fajtát – a viszonylag nagy kiterjedésű nekrosisok miatt – a közepesen fogékony fajtákkal helyezte egy csoportba. Rezisztens típusú beszáradt nekrotikus foltokat a 'Packham's Triumph', az 'Eldorado', a 'Hardenpont téli vajkörte' és a 'Tongre' fertőzött gyümölcssein is megfigyeltünk. A tűzelhalás fertőzésre a legfogékonyabbak a 'Fertilia Delbard', az 'Ilonka' és a 'Piros Vilmos' fajták gyümölcssei voltak, így ezek kerültek az igen fogékony csoportba. Másodlagos nyálkacseppeket a 'Fertilia Delbard', a 'Piros Vilmos', 'Conference', 'Dr. Guyot Gyula' és a 'Bosc kobak' gyümölcssein észleltünk.

2003-ban a gyümölcsfertőzést követően a legkevésbé mutatták a tűzelhalás tüneteit a 'Hosui', a 'Pap körte' és a HP 21 hibrid. Ezeknél a szúrás körül megjelenő nekrosis mérete csupán 1 mm körül volt, és nyálkacsepp sem jelent meg (2. melléklet 15. táblázat). A nekrosis átmérője és a nyálkacsepp mérete alapján szintén mérsékelt rezisztensek voltak a 'Bosc kobak', a 'Bronzovaja', az 'Eldorado', az 'NP10', a 'Packham's Triumph', és a 'Tongre' gyümölcssei is (2. melléklet 15. táblázat, 26. ábra). Ebben az évben is legerősebben fertőződött a 'Piros Vilmos' éretlen gyümölcse, emellett nagyon fogékonyak voltak a 'Dr. Guyot Gyula' a 'Conference', az 'US 65012-13', a 'Kieffer', a 'Nijisseiki', a 'Vilmos', a 'Star' és a 'HW 620' gyümölcssei is (27. ábra). Ez utóbbi fajták gyümölcssein figyeltünk meg másodlagos nyálkacseppeket.

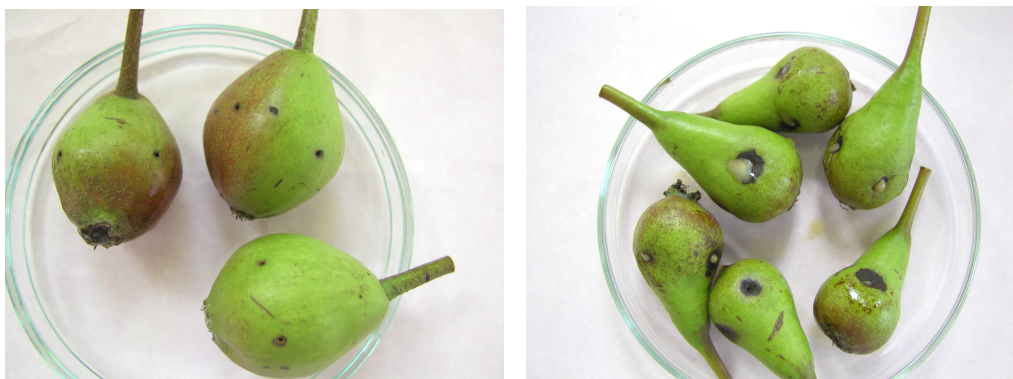


26. ábra. A 'Pap körte' és a 'Bosc kobak' gyümölcssei *E. amylovora* fertőzést követő 4. napon (2003)



27. ábra. A 'Piros Vilmos' és a 'Conference' gyümölcsei *E. amylovora* fertőzést követő 4. napon (2003)

2004-ben a vizsgált 27 fajtából a gyümölcsfertőzést követő 4. napon tünetmentes mindösszesen a 'Kieffer' volt. Nagyon kis nekrotikus folt és nyálkacsepp (1mm alatt) jelent meg a 'Cascade' fertőzött gyümölcsein, ezt a két fajtát a cluster analízis is külön csoportban ábrázolta (2. melléklet 13. ábra, 2. melléklet 16. táblázat). Közepesen fogékony volt a vizsgált körtefajták közül 12 fajta. Ezek közül az 'Eldorado', a 'Packham's Triumph', a 'Pap körte' és a 'Tongre' az előző évben szintén csak kissé fertőződött (28. ábra). Rezisztens típusú, beszáradt nekrotikus foltokat a 'Pap körte', a 'Packham's Triumph', a 'Bronzovaja' és a 'Cascade' fertőzött gyümölcsein figyeltünk meg. Ebben az évben is a legfogékonyabbak a 'Piros Vilmos' éretlen gyümölcsei voltak. Ezt a fajtát a cluster analízis nem különítette el a nagyon fogékony csoporttól, melybe 12 fajta tartozott. Ezek közül a 'Conference', az 'US 65012-13', a 'Vilmos' és a 'Star' éretlen gyümölcsei az előző évben szintén nagyon fogékonyak voltak a tűzelhalás fertőzésre.



28. ábra. A 'Kieffer' rezisztens és az 'Eldorado' közepesen fogékony gyümölcsei *E. amylovora* fertőzést követő 4. napon (2004)

2005-ben a fagykár és az erős körtelevélbolha-fertőzöttség miatt csak 13 körtefajta éretlen gyümölcseit fertőztük. A fertőzést követő 4. napon teljesen tünetmentesek a 'Hardenpont téli vajkörte' éretlen gyümölcsei voltak. A fertőzés helyén kis nekrotikus folt és

nyálkacsepp (1 mm alatt) jelent meg a 'Hosui' gyümölcssein is. Ennél nagyobb kiterjedésű nekrotikus folt képződött a 'Packham's Triumph', a 'Cascade', a 'Clapp kedveltje', a 'Hosui' hibridje (HP21) és a 'Pap körte' fertőzött gyümölcssein, viszont a foltok jellege miatt (rezisztens típusú, beszáradt) ezek is mérsékelt rezisztens csoportba tartoztak (2. melléklet 17. táblázat). Az 5 mm-nél nagyobb nekrotikus folt alapján a cluster analízis a 'Pap körte' és a 'Clapp kedveltje' fajtákat a közepesen fogékonyakhoz sorolta, de a foltok rezisztens típusa miatt ezeket mi mégis a mérsékelt rezisztens kategóriába tettük (2. melléklet 14. ábra). A 'Bosc kobak', a 'Marik kedveltje' gyümölcsei nagyon fogékonyak voltak, az előző évben tünetmentes 'Kieffer' ebben az évben szintén ebbe a kategóriába került. A legerőteljesebben megint a 'Piros Vilmos' gyümölcsei fertőződtek. Másodlagos nyálkacseppeket a 'Nijissikei', a 'Piros Vilmos', a 'Bosc kobak' fertőzött gyümölcssein figyeltünk meg (29. ábra).



29. ábra. A 'Bosc kobak' és a 'Piros Vilmos' fertőzött éretlen gyümölcsei *E. amylovora* fertőzést követően, másodlagos nyálkacseppekkel (2005)

2006-ban a vizsgált 17 fajtából 6 fajta ('Hardenpont téli vajkörte', 'Clapp kedveltje', 'Bosc kobak', 'Pap körte', 'Packham's Triumph' és 'Tongre') gyümölcssein a fertőzést követő 4. napon nyálkacsepp nélküli, beszáradt rezisztens nekrotikus foltok alakultak ki. Szintén nagyon kis (1mm) körüli nyálkacsepp és nekrotikus folt (5mm) képződött a 'Bronzovaja' és a 'Hosui' fajták fertőzött gyümölcssein is, így ezeket is a mérsékelt rezisztens csoportba soroltuk. Az előző években igen erősen fogékony 'Piros Vilmos' ebben az évben csak közepesen fertőződött. A nagyon kis eltérések miatt a cluster analízis ezt a csoportot nem is tudta szétválasztani a mérsékelt rezisztens csoporttól (2. melléklet 15. ábra). A 'Kieffer' és a 'Vilmos' ebben az évben nagyon fertőződött, és az inokulálás helyén a legerősebb fogékony tünetekkel a 'Fertilia Delbard' rendelkezett (2. melléklet 18. táblázat; 30. ábra).



30. ábra. A 'Fertilia Delbard' igen erősen fogékony, és a 'Clapp kedveltje' rezisztens gyümölcsei *E. amylovora* fertőzést követő 4. napon (2006)

2001-2006-ig az éretlen körtegyümölcsök tűzelhalás fogékonyságának összesítését az inokulációs pont helyén megjelenő nekrotikus folt és a nyálkacsepp mérete alapján számolt betegség mértéke (B_{gy}) alapján végeztük.

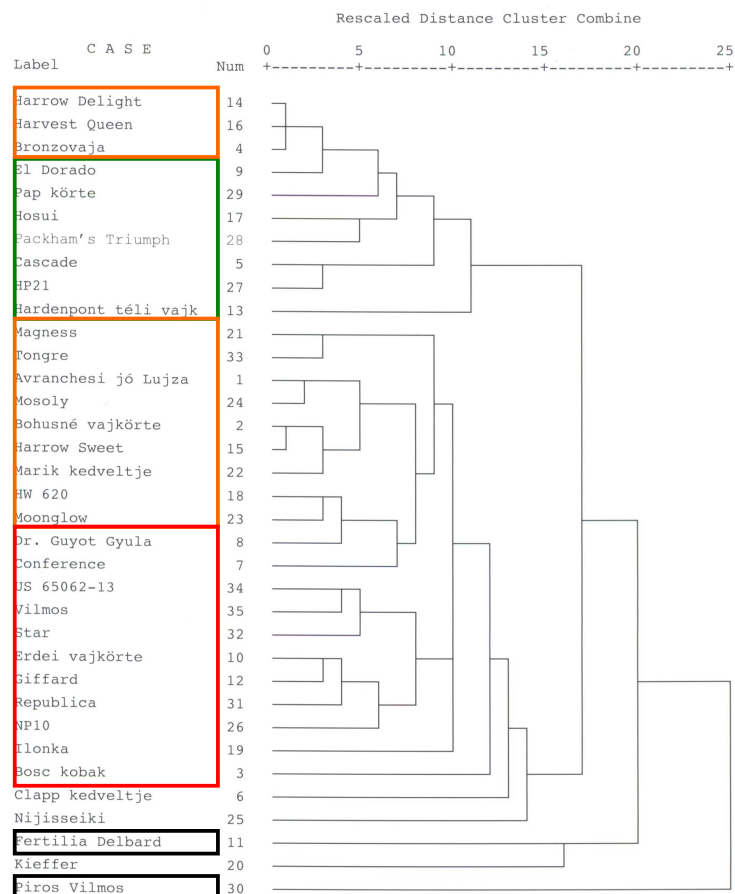
Néhány fajtánál ('Bosc kobak', 'Clapp kedveltje', 'Kieffer', 'Tongre') az évek között nagy fogékonyságbeli eltérések voltak; a 'Kieffer' gyümölcsei pl. 2004-ben egyáltalán nem fertőződtek, más években pedig nagyon fogékonyak voltak a tűzelhalás fertőzésre. Hasonlóképp viselkedett a 'Clapp kedveltje', vagy a 'Nijisseiki' is. Ez esetekben a nagy évenkénti eltérések miatt a cluster analízis nem tudott egymástól jól elkülöníthető fogékonysági csoportokat alkotni (31. ábra).

Minden vizsgált évben, vagy az évek többségében mérsékelten rezisztensek voltak a 'Bronzovaja', a 'Eldorado', a 'Hardenpont téli vajkörte', a 'Hosui', és hibridje (HP 21), a 'Packham's Triumph' és a 'Pap körte' éretlen gyümölcsei. Ezek közül a 'Hardenpont téli vajkörte' és a 'Pap körte' fajtákat lehetne kiemelni, melyek több évben teljesen tünetmentesek voltak, vagy nyálkacsepp nélküli, beszáradt rezisztens típusú nekrotikus foltok jelentek meg a gyümölcsökön. A 'Tongre' három vizsgált évben szintén mérsékelt rezisztenciát mutatott.

A vizsgált 35 fajtából 22 fajta gyümölcse közepesen vagy nagyon fogékony volt a fertőzésre. A legfogékonyabb a vizsgált években a 'Piros Vilmos', a 'Fertilia Delbard' és a magyar 'Ilonka' éretlen gyümölcsei voltak (11-12. táblázat).

***** H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



31. ábra. Körtefajták éretlen gyümölcsseinek tüzelhalás fogékonysága* (2001-2006)

*B_{gy}: a betegség mértéke a gyümölcsök alapján (számított érték)

MR: mérsékelten rezisztens, KF: közepesen fogékony, NF: nagyon fogékony, EF: igen erősen fogékony

11. táblázat. Körtefajták éretlen gyümölcsseinek relatív tüzelhalás fogékonyága (2001-2006)

Mérsékelten rezisztens	Közepesen fogékony	Nagyon fogékony	Igen erősen fogékony
'Cascade', 'Hardenpont téli vajkörte', 'Hosui', HP 25, 'Packham's Triumph', 'Pap körte', 'Tongre'	'Avranches jó Lujza', 'Bronzovaja', 'Bohusné vajkörte', 'Clapp kedveltje', 'Eldorado', 'Giffard vajkörte', 'Harrow Delight', 'Harrow Sweet', 'Harvest Queen', 'HW620', 'Kieffer', 'Magness', 'Marik kedveltje', 'Moonglow', 'Mosoly', 'Nijisseiki', 'NP10'	'Bosc kobak', 'Cascade', 'Conference', 'Dr. Guyot Gyula', 'Erdei vajkörte', 'Kieffer', 'Republica', 'Star', 'US 65062-13' Vilmos'	'Fertilia Delbard', 'Ilonka', 'Piros Vilmos'

Dőlttel az évenként eltérő fogékonyságot mutató fajtákat jelöltem

12. táblázat. Körtefajták tüzelhalás fogékonysága* éretlen gyümölcsök fertőzését követően (2001-2006)

Fajta	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Avranches jó Lujza	KF		KF	KF		KF
Bohusné vajkörte	KF	KF				
Bosc kobak	KF	NF	MR	NF	NF	
Bronzovaja			MR	KF		KF
Cascade			NF	MR		
Clapp kedveltje	KF	NF	KF	NF	MR	MR
Conference	NF	KF	NF	NF		
Dr. Guyot Gyula	NF	NF	NF	KF		
Eldorado	MR	MR	MR	KF		KF
Erdei vajkörte	NF	NF	KF	NF		
Fertilia Delbard	EF	EF		KF		EF
Giffard vajkörte			KF	NF		
Hardenpont téli vajkörte	KF	MR	KF	KF	MR	MR
Harrow Delight	KF	KF				
Harrow Sweet			KF	NF	KF	
Harvest Queen	KF		KF			
Hosui	MR	MR	MR	KF	MR	MR
HP21			MR		MR	
HW 620	KF		NF			
Kieffer	NF		NF	MR	NF	NF
Ilonka	EF	EF				
Magness	NF	KF	KF	KF		NF
Marik kedveltje	KF		KF		NF	
Moonglow	NF	KF	NF	KF		
Mosoly körte	KF	KF				
Nijisseiki	MR	KF	NF	NF	KF	KF
NP10			MR	NF		
Packham's Triumph	MR	KF	MR	KF	MR	MR
Pap körte	KF	MR	MR	KF	MR	MR
Piros Vilmos		EF	EF	EF	EF	KF
Republica	NF		KF	NF		
Tongre	NF	MR	MR	KF		MR
Star	KF		NF	NF		
US 65062-13	NF	KF	NF	NF		
Vilmos	NF	NF	NF	NF		NF

*B_{gy}: a betegség mértéke alapján (számított érték)

MR: mérsékelten rezisztens

KF: közepesen fogékony

NF: nagyon fogékony

EF: igen erősen fogékony

5.1.4. Mikroszaporított növények fogékonysága

Inokulációs kísérleteink során mikroszaporított körtenövényeket is fertőztünk 2001-2002-ben, valamint a biokémiai vizsgálatokhoz 2005 és 2006-ban az *E. amylovora*-val fertőzött növényekéből vettünk mintát. Szemléltetni szeretnénk volna, hogy a tűzelhalás betegség tüneteit mennyire mutatják az egyes fajták, illetve a fajták között van-e fogékonyságbeli különbség.

Megállapítottuk, hogy a mikroszaporított növényeken is jól modellezhető a tűzelhalás betegség folyamata (32. ábra). A tünetek a fertőzést követő 5. napon jelentkeztek. A vizsgált fajták közül legkevésbé a 'Dr. Guyot Gyula' és a 'Harrow Sweet' fertőződött, ezeket a közepesen fogékony kategóriába soroltuk. Nagyon fogékonyak voltak az 'Erdei vajkörte' és a 'Bosc kobak'. Igen erősen fogékonyak pedig a 'Giffard vajkörte', a 'Packham's Triumph' és a 'Tongre' fajtákat találtuk. A vizsgált fajták közül a 'Dr. Guyot Gyula' kevésbé-, a 'Giffard vajkörte' pedig erősebben fertőződött, mint a konténeres oltványok hajtásai. A többi fajta tünetei egybevágtak az oltványokon végzett hajtásfertőzés eredményeivel.



32. ábra. *Erwinia amylovora*-val fertőzött 'Harrow Sweet' (balra) és 'Packham's Triumph' (jobbra) mikroszaporított növények

5.2. Biokémiai vizsgálatok eredményei

5.2.1. *Erwinia amylovora* fertőzés hatása éretlen gyümölcsökben

5.2.1.1. A biotikus stressz nyomon követése az enzimaktivitás-változásokkal

Mivel az éretlen gyümölcsök a fertőzés hatására annyira különböző tüneteket mutattak (fogékony típus: folyamatosan növekedő, vízzel átitatott foltokkal és nyálkacseppel, rezisztens típus: száraz, besüppedő konzisztenciájú foltokkal), ezért feltételezhető volt, hogy a különböző típusok eltérő biokémiai folyamatokkal reagálnak a fertőzésre.

Erwinia amylovora-val fertőzött éretlen gyümölcsökben 2003 és 2005 között mértük az enzimaktivitás változásokat (peroxidáz és polifenoloxidáz). Előkísérletünket 5 fajta

bevonásával kezdtük el. A fajták között szerepelt a rezisztens választ mutató fajta, a 'Pap körte', mely az inokulációs pontban hiperszenzitív reakciót mutatott: beszáradt, nekrotizálódott, nyálkacsepp nélküli foltokkal. Vizsgáltuk a legfogékonyabb reakciót mutató 'Piros Vilmos'-t. Vizsgálatainkba bevontunk egy japán körtefajtát, a mérsékelten rezisztens 'Hosui'-t, egy fajhibridet, a közepesen fogékony 'Kieffer'-t és a kísérlet indításának évében szintén mérsékelt rezisztenciát mutató 'Packham's Triumph' fajtát.

A mintavétel 2003-ban a kezeletlen, kontroll mintáknál a fertőzés pillanatában (0. óra), a fertőzést követő fél, 48. és 72. órában történt (4. táblázat), ekkor már megjelentek a fertőzés tünetei és a fogékony fajtánál a nyálkacseppek is. Kivételt képezett a rezisztens 'Pap körte', ahol nem jelent meg nyálkacsepp, a nekrotikus folt száraz maradt, így ezekből a szövetekből a fenti időpontokon kívül a fertőzést követő 96. órában is tudtunk mintát venni. A mintavétel módját az Anyag és módszer fejezet 9. ábráján látjuk.

A következő évben, 2004-ben a mintavételt annyiban módosítottuk, hogy a fertőzést követő 2. órában is vettünk mintákat és a vizsgált fajták körét leszűkítettük 3 fajtára: a fertőzésre fogékony reakciót mutató 'Piros Vilmos'-ra, a rezisztens 'Pap körte' fajtára és a mérsékelten rezisztens 'Hosui' japán körtére.

A harmadik évben, 2005-ben ugyanezekkel a fajtákkal végeztük a kísérleteket azzal a különbséggel, hogy a fertőzést követő 168. óráig folytattuk a mintavételt.

A peroxidáz enzim (POD) aktivitásának változása az éretlen gyümölcsökben

A vizsgált években a kontroll mintákban a fajták között a legalacsonyabb kiindulási POD enzimaktivitás értéket a rezisztens 'Pap körte' fajtában mértük. Ennél magasabb szinteket mértünk a fogékony 'Piros Vilmos' kontroll mintáiban. A fajták között a legnagyobb kiindulási értékeket a japán 'Hosui' fajtában találtuk, ahol 2 év során (2003 és 2005-ben) az európai fajtákban mért érték közel háromszorosát tapasztaltuk.

Az *Erwnia amylovora* fertőzésre adott válaszreakciók áttekintését először az azonos mintavételi időpontok – 48. és 72. óra – eredményeinek bemutatásával kezdem, a könnyebb áttekinthetőség és összehasonlíthatóság miatt.

A vizsgálat első évében, **2003-ban**, a fogékony 'Piros Vilmos' fajtában az inokulációs pontban (a) a fertőzést követő 48. órában – a tünetek kifejlődését követve – az aktivitásnövekedés markánsra vált (a kontrollt 27%-kal meghaladta), mely a fertőzést követő 72. órára a kiindulási értékre csökkent (33. A ábra). Ebben az időben az inokulációs pont melletti szövetekben (b) a kontrollhoz képest lényeges – 75%-os – növekedést mértünk. A szintén fogékony 'Kieffer' hasonló tendenciával reagált a fertőzésre (2. melléklet 16. A ábra).

A rezisztens 'Pap körte' gyümölcsseiben a biotikus stresszre adott válaszreakció a fogékony fajtáktól eltérő volt (33. B ábra). A fertőzést követő 48. órában az *inokulációs pontban* (a) és a távolabbi szövetekben a kontrollhoz képest POD enzimaktivitás csökkenést mérünk. A fertőzést követő 72. órában az *inokulációs pontban* a POD enzimaktivitás 33%-kal megemelkedett. A *távolabbi szövetekben* (b, c) ekkor a kontrollhoz képest nem mértünk változást. A mérsékelt rezisztens 'Packham's Triumph' fajtánál a fertőzésre a POD enzimaktivitás hasonlóképpen változott (2. melléklet 16. B ábra).

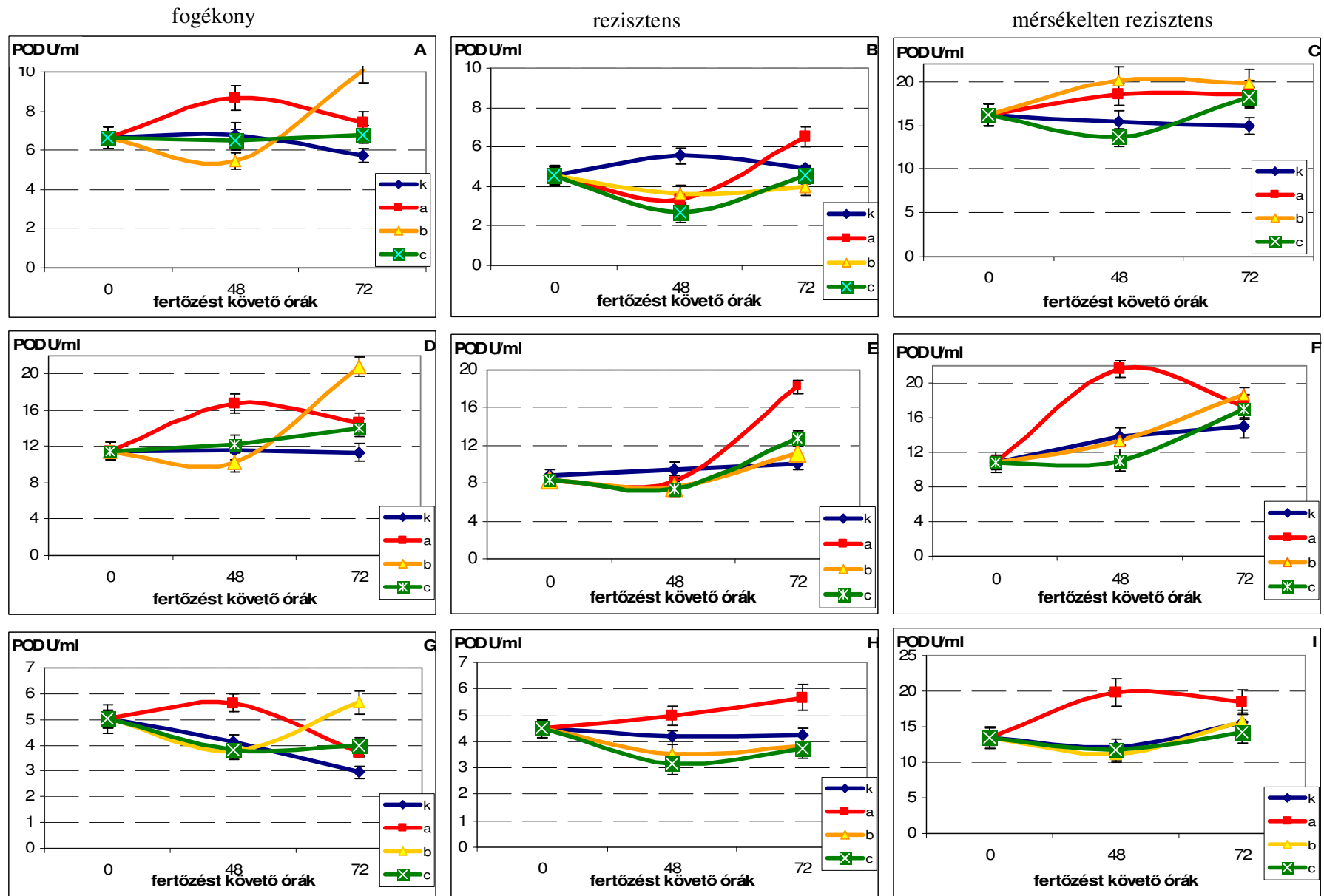
A mérsékelt rezisztens 'Hosui' japán körte fajtában fertőzés után 48 órával az *inokulációs pontban* (a) a kontrollhoz képest 20%-os aktivitás emelkedést mértünk, mely a 72. órára nem nőtt tovább. A *szűrés melletti szövetekben* (b) a POD enzimaktivitás az *inokulációs pontban* vizsgált szövetekhez hasonlóan változott (33. C ábra).

A kísérlet második évében, **2004-ben** magasabb enzimaktivitás szinteket mértünk, mint 2003-ban, de a fajták reakciója az *E. amylovora* fertőzésre hasonló volt az előző évben tapasztaltakhoz.

A fogékony 'Piros Vilmos' gyümölcsseiben a fertőzést követő 48. órában az *inokulációs pontban* (a) a POD aktivitás jelentősen – 44%-kal – megemelkedett, mely a 72. órára az egy nappal korábbi szinthez képest csökkent. A *fertőzési hely mellett* (b) nagy enzimaktivitás emelkedést mértünk (83%, 33. D ábra). A rezisztens 'Pap körte' gyümölcsében a fertőzést követő 48. óráig egyik pontban sem mértünk enzimaktivitás emelkedést, a 72. órára viszont az *inokulációs pontban* (a) az aktivitás jelentősen – 80%-kal – nőtt. A *távolabbi szövetekben* (b) az enzimaktivitás a kontrollhoz képest alig változott (33. E ábra). A 'Hosui' gyümölcsseiben a 48. órában az *inokulációs pontban* (a) szintén megemelkedett a POD enzimaktivitás (56%-kal), mely a 72. órára újból csökkenést mutatott (33. F ábra).

A kísérlet harmadik évében, **2005-ben** a fogékony 'Piros Vilmos' fajtánál a fertőzés hatására az *inokulációs pontban* (a) a POD enzimaktivitás a fertőzést követő 48. órával szintén megemelkedett (29%-kal), mely érték a 72. órára csökkent. A *szűrés melletti szövetekben* (b) ekkor az *inokulációs pont* szintjénél 51%-kal magasabbra emelkedett az aktivitás (33. G ábra). A rezisztens 'Pap körte' fajtában az *inokulációs pontban* (a) a POD enzimaktivitás emelkedés a 48. órában nem volt számottevő (18%-os), amely a 72. órában 33%-kal haladta meg a kontrollt (33. H ábra). A mérsékelt rezisztens 'Hosui' fajtánál a fertőzést követő 48. órában jelentős POD enzimaktivitás emelkedést mértünk az *inokulációs pontban* (64%), mely a 72. órára enyhén csökkent. (33. I ábra).

A három év mérései azt mutatják, hogy a fogékony fajta az *inokulációs pontban* mért peroxidáz aktivitás emelkedésével hamarabb reagált a biotikus stresszre, mint a rezisztens fajta.



33. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: A, D, G), 'Pap körte' (rezisztens: B, E, H) és 'Hosui' (mérsékelt rezisztens: C, F, I) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (A-C: 2003, D-F: 2004, G-I: 2005)

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta

A vizsgált években az azonos időpontokból származó mintavételek kiértékelése után a következőkben a többi időpontban történt mintavétel eredményeit szeretném közölni (2. melléklet 17-19. ábra). A kísérlet elő évében, **2003-ban** a fertőzést követő fél órával történt az első mintavétel. A 'Piros Vilmos' fogékony fajtában ebben az időpontban az *inokulációs pontban (a)* már enyhe, nem szignifikáns POD enzimaktivitás emelkedést mértünk, míg másik két fajtánál ebben az időpontban nem mértünk változást. A rezisztens 'Pap körte' fajtánál ebben az évben a fertőzést követő 96. órában is tudtunk mintát venni, a többi fajtánál az előrehaladott szövetpusztulás miatt erre nem volt lehetőségünk. Ekkor az *inokulációs pontban (a)* a kontrollhoz képest 81%-os enzimaktivitás emelkedést mértünk, míg a *távolabbi szövetekben (b, c)* nem volt változás (2. melléklet 17. ábra).

A következő évben, **2004-ben** a fertőzés után 2 órával a *fertőzési pontban (a)* POD enzimaktivitás csökkenést mértünk mind a rezisztens ('Pap körte'), mind a fogékony ('Piros Vilmos') gyümölcsökben, kivételt képezett a 'Hosui', ahol a POD aktivitás enyhén – 20%-kal – emelkedett (2. melléklet 18. ábra).

A harmadik évben, **2005-ben** a mintavételt 5 alkalommal a hetedik napig végeztük (2. melléklet 19. ábra). A fertőzést követő 24. órában a fogékony 'Piros Vilmos' fajtánál az *inokulációs pontban (a)* a POD enzimaktivitás megemelkedett (29%-kal), míg a másik két fajtánál ebben az időpontban nem mértünk növekedést. A 168. órában a fogékony 'Piros Vilmos' fajtánál a *fertőzött szövetekben (a, b, c)* a POD enzimaktivitás a kontroll szintje alatt volt. A rezisztens 'Pap körte' fajtában ebben az időpontban az *inokulációs pontban (a)* a 72. órához képest a kontroll szintjére csökkent az aktivitás. A hiperszenzitív típusú szövetelhalás ennél a fajtánál az 5. naptól alakult ki. A mérsékelt rezisztens 'Hosui' fajtánál a 168. órában mindegyik pontban drasztikus POD aktivitás csökkenést mértünk, melynek feltételezett oka az előrehaladott szövetpusztulás lehet (2. melléklet 19. C ábra).

E mintavételi időpontok eredményei alapján is megfigyelhettük, hogy a fogékony fajta a biotikus stresszre korábban reagált POD aktivitás emelkedéssel, mint a rezisztens fajta.

A polifenoloxidáz enzim (PPO) aktivitásának változása a fertőzött éretlen gyümölcsökben

A kísérlet első évében, **2003-ban** a vizsgált fajtákban mérhető kiindulási, kontroll **PPO enzimaktivitási** szintekben jelentős különbségek voltak (34. ábra és 2. melléklet 20. ábra). A legalacsonyabb értéket a mérsékelt rezisztens 'Packham' s Triumph' és a fogékony 'Piros Vilmos' fajtánál mértünk. Közel háromszoros kiinduló enzimaktivitás szinteket találtunk a rezisztens 'Pap körte' fajtánál és a fogékony 'Kieffer' fajtában. A POD aktivitáshoz hasonlóan a legmagasabb PPO szintet a mérsékelt rezisztens 'Hosui' fajtánál figyeltük meg. A kontroll enzimaktivitás értékek az idő függvényében minden fajtánál növekedtek. A 'Pap körte' fajtánál, ahol a fertőzést követő 4. napon is tudtunk mintát venni, a kontroll enzimaktivitás szint a kiinduló szint 2,8-szorosára növekedett. Feltételezésünk szerint ez a kontroll szint növekedése – ugyan más mértékben, de – a többi fajtánál is bekövetkezhetett, sajnos erre vonatkozó adataink nincsenek.

A *fertőzés hatására* bekövetkező peroxidáz enzimaktivitás változáshoz hasonlóan a polifenoloxidáz enzimaktivitás áttekintésénél szintén a kísérlet éveiben azonos mintavételi időpontok eredményeinek bemutatásával szeretném kezdeni.

Az *E. amylovora* fertőzésre a fajták különbözőképpen reagáltak (34. ábra). A fogékony 'Piros Vilmos' fajtánál a fertőzést követő 48. órában az *inokulációs pontban* (a) PPO aktivitás emelkedést mértünk (47%-os), mely a 72. órára tovább növekedett (113%). Ebben az időpontban a *szűrés melletti területen* (b) a PPO aktivitás 55%-kal magasabb volt, mint a kontroll (34. A ábra). Hasonló tendenciát figyeltünk a szintén fogékony 'Kieffer'-ben is, de ott sokkal magasabb volt a kiinduló PPO aktivitás szint (2. melléklet 20. A ábra).

A rezisztens 'Pap körte' gyümölcsseiben a fertőzést követő 48. órában minden pontban (a, b, c) – hasonlóan a POD aktivitáshoz – enyhe PPO enzimaktivitás csökkenést figyeltünk meg a kezeletlen kontrollhoz képest (34. B ábra). A 72. órában viszont az *inokulációs pontban* (a) (47%-os) enzimaktivitás növekedést mértünk, mely a *szűrés mellett* (b) szintén emelkedett (40%-kal). Ekkor a mérsékelt rezisztens 'Packham's Triumph' fajtánál az inokulációs pontban 90%-os PPO növekedés volt (2. melléklet 20. B ábra).

A mérsékelt rezisztenciát mutató japán körtefajtánál, a 'Hosui'-nál a fertőzés hatására a 48. órában az *inokulációs pontban* (a) az enzimaktivitás 35%-kal megemelkedett. A 72. órában a *szűrés helyén* (a) és *mellette* (b) a fajták között a legmagasabb PPO aktivitásemelkedést mértük (132% és 147%; 34. C ábra).

A kísérlet második évében, **2004-ben** az európai fajták kontroll, kiinduló **PPO**

enzimaktivitás értékei nagyjából megegyeztek, ennél kb. kétszeres értéket mértünk a 'Hosui' fajtánál (mérsékelten rezisztens), mely kontroll értékek az idő múlásával folyamatosan növekedtek (34. D-F ábra).

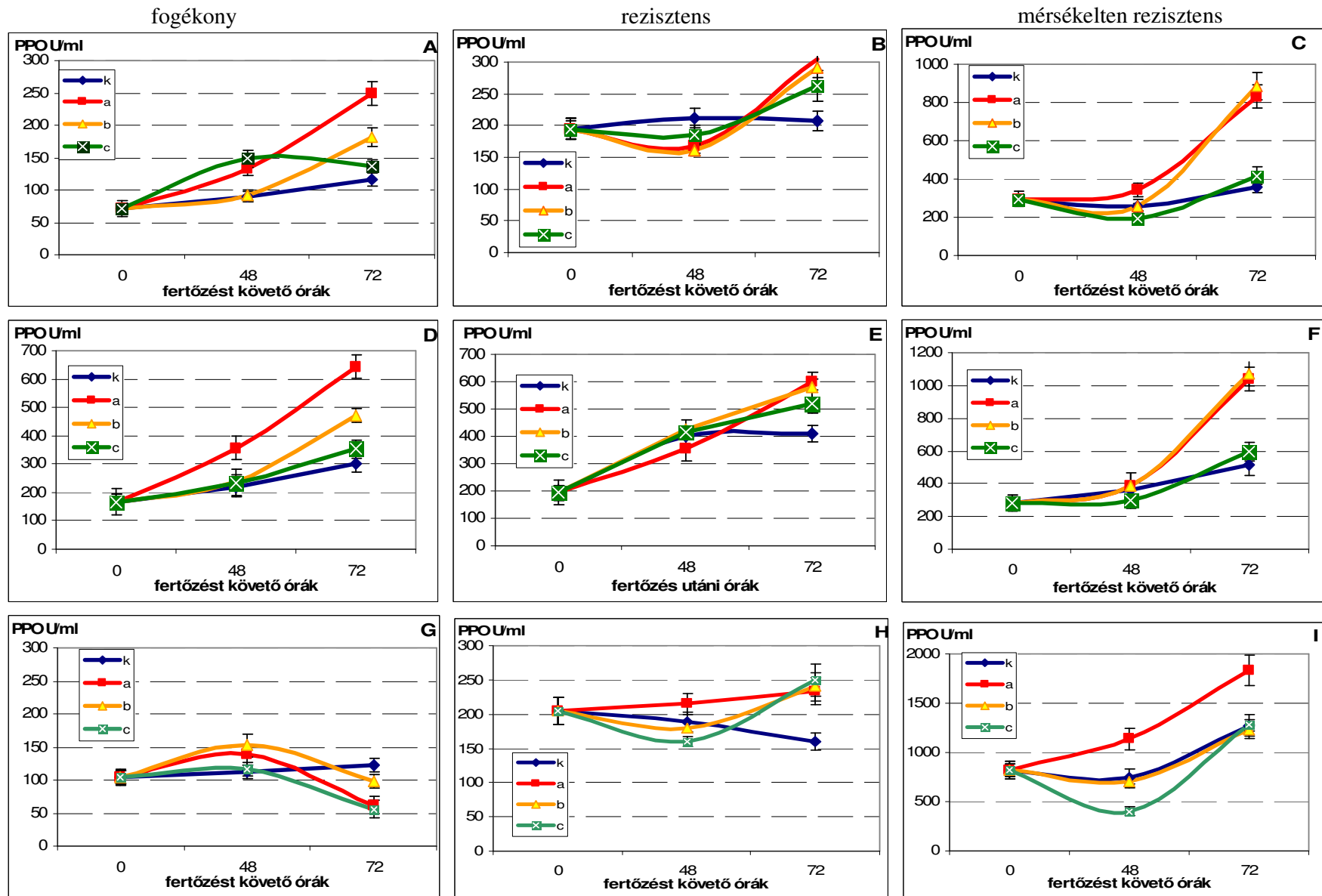
A fertőzést követő 48. órában a fogékony 'Piros Vilmos' fajtánál a *fertőzési pontban* (a) az enzimaktivitás megemelkedett (62%-kal), majd a 72. órára tovább nőtt (132%) Az *inokulációs pont melletti szövetekben* (b) ebben az időpontban szintén szignifikáns PPO aktivitás növekedés volt (56%; 34. D ábra)

A rezisztens 'Pap körte' gyümölcsökben a fertőzést követő 48. óráig egyik szövetben sem volt kimutatható lényeges enzimaktivitás változás. Ezzel szemben, a 72. órára mind a *fertőzési pontban* (a), mind *mellette* (b) PPO enzimaktivitás emelkedést mértünk, de ez sokkal kisebb mértékű volt a fogékony fajtában mérténél (34. E ábra). A mérsékelten rezisztens 'Hosui'-nál csak a 72. órában tapasztaltunk enzimaktivitás emelkedést (108%) az *inokulációs pontban* (a), és a *szűrés melletti szövetekben* (b) is (102%, 34. F ábra).

A kísérlet harmadik évében, **2005-ben** a kezeletlen, kontroll **PPO aktivitás** a rezisztens, 'Pap körte' fajtában közel háromszorosa volt, mint a fogékony 'Piros Vilmos'-ban. A mérsékelten rezisztens 'Hosui' gyümölcsseiben – hasonlóan a korábbi évekhez – a legmagasabb PPO kontroll aktivitás értéket mértük (34. G-I ábra).

A fogékony 'Piros Vilmos' gyümölcsseiben az *inokulációs pontban* (a) és *mellette* (b) a 48. órában jelentkezett egy nem szignifikáns PPO enzimaktivitás növekedés (34. G ábra). A későbbi időpontban viszont a fertőzött szövetekben mért enzimaktivitás értékek a kontroll szintje alá csökkentek. A rezisztens 'Pap körte' gyümölcsében csak a 72. órában mértünk 48%-os PPO enzimaktivitás emelkedést minden pontban (a, b, c, 34. H ábra). A mérsékelten rezisztens 'Hosui' fajtában az *inokuláció helyén* a 48. órában az enzimaktivitás szignifikánsan emelkedett (32%-kal), majd ez a szint a betegség előrehaladtával folyamatosan tovább emelkedett a környező szövetekben is. (34. I ábra)

A *POD* aktivitás változáshoz hasonlóan a *fertőzés hatására szintén a fogékony fajtában történt hamarabb PPO aktivitás emelkedés* (48. óra), mely a későbbi időpontban tovább növekedett. A *rezisztens fajtában később* (72. óra) nőtt a *PPO* aktivitás, és a *fogékonyhoz képest kisebb mértékű emelkedéssel reagált a biotikus stresszre*.



34. ábra. Polifenol oxidáz enzimaktivitás változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: A, D, G), 'Pap körte' (rezisztens: B, E, H) és 'Hosui' (mérsékelten rezisztens: C, F, I) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (A-C: 2003, D-F: 2004, G-I: 2005)

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta

Hasonlóan a peroxidáz enzimnél tárgyaltakhoz, a következőkben a többi időpontban történt mintavétel eredményeit szeretném közölni (2. melléklet 21-23. ábra). A kísérlet első évében (2003) a fertőzést követő fél órával egyik fajtában sem mértünk szignifikáns PPO emelkedést. A fent említett időpontokon kívül a rezisztens fajtánál a fertőzést követő 96. órában is vettünk mintát. Ekkor a kontroll enzimaktivitás szint a 2,8-szorosára emelkedett, és a fertőzött szövetekben szintén erre a szintre emelkedtek az enzimaktivitás értékek (2. melléklet 21. B ábra).

A következő évben (2004) a fertőzést követő 2. órában a fogékony 'Piros Vilmos' gyümölcsében az *inokulációs pontban (a)* 42%-os PPO aktivitás csökkenést mértünk. A 'Hosui'-nál 27%-os emelkedést mértünk, mely megegyezett a POD enzimaktivitás tendenciájával. A rezisztens 'Pap körte' fajtában ebben az időpontban egyik pontban sem tapasztaltunk szignifikáns változást a kontrollhoz képest (2. melléklet 22. ábra).

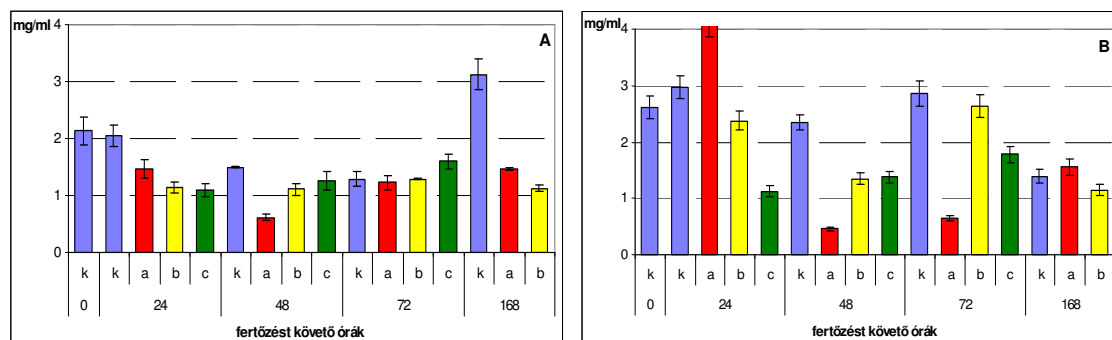
A kísérlet harmadik évében (2005), a fertőzést követő 24. órában sem a fogékony 'Piros Vilmos', sem a rezisztens 'Pap körte' fajta egyik pontjában sem volt szignifikáns változást a kontrollhoz képest, a 'Hosui' fajta fertőzött szöveiben pedig PPO aktivitás csökkenést figyeltünk meg. A 168. órában mind a három fajtában a kontroll minták enzimaktivitása csökkent az előző időponthoz képest, és a fertőzött szövetekben sem mértünk további enzimaktivitás emelkedést. A 'Hosui' fajtában csökkent a legnagyobb mértékben az összes vizsgált szövetben a PPO aktivitás, hasonlóan a POD aktivitáshoz. Vélhetően a hét napos vizsgálat során a gyümölcsök a tárolást nem bírták és szövetei pusztulásnak indultak. (2. melléklet 23. ábra).

5.2.1.2. Az éretlen gyümölcsökben az *Erwinia amylovora* fertőzés hatására lejátszódó összes polifenoltartalom-változás

Az összes polifenoltartalom (továbbiakban: **F**) változását a fogékony 'Piros Vilmos' és a rezisztens 'Pap körte' éretlen gyümölcsökben vizsgáltuk, a mintavétel az enzimaktivitás méréseknél leírt módon történt (2005). A kiinduló, kontroll **F** magasabb volt a rezisztens 'Pap körte' gyümölcsében, mint a fogékony 'Piros Vilmos'-ban. Ez az érték a fogékony fajtában a fertőzést követő 72. órára kissé csökkent, majd a 168. órára a kiindulási érték 50%-val megemelkedett. A rezisztens fajtában a kiindulási kontroll érték a 72. óráig lényegesen nem változott, majd a 168. órára 48%-kal csökkent (35. ábra).

A fertőzés hatására az **F** a fogékony fajtában a 24. órára az *inokulációs pontban (a)* a kontroll értékhez képest 29%-kal csökkent, a 48. órára tovább süllyedt (60%-kal) és a 72.

órára a kontroll szintjére emelkedett. A fertőzést követő 168. órában a kontroll érték drasztikusan megemelkedett, míg a fertőzött szövetekben nem mértünk további emelkedést (35. A. ábra). A rezisztens fajtában az inokulációs pontban (a) a fertőzést követő 24. órában az F 40%-kal nőtt, viszont a 48., illetve a 72. órára közel 80%-kal esett vissza. Ellenben a szűrés mellett (b) csak kevéssé csökkent, vagy nem változott. A 168. órában a kontroll érték közel a felére esett vissza, viszont a fertőzött szövetben (a) mért F az előző időponthoz képest nőtt (35. B ábra).



35. ábra. Összes polifenoltartalom változás a 'Piros Vilmos' (fogékony: A) és a 'Pap körte' (rezisztens: B) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2005)

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta

5.2.1.3. Az éretlen gyümölcsök szénhidráttartalmának változása az *Erwinia amylovora* fertőzés hatására

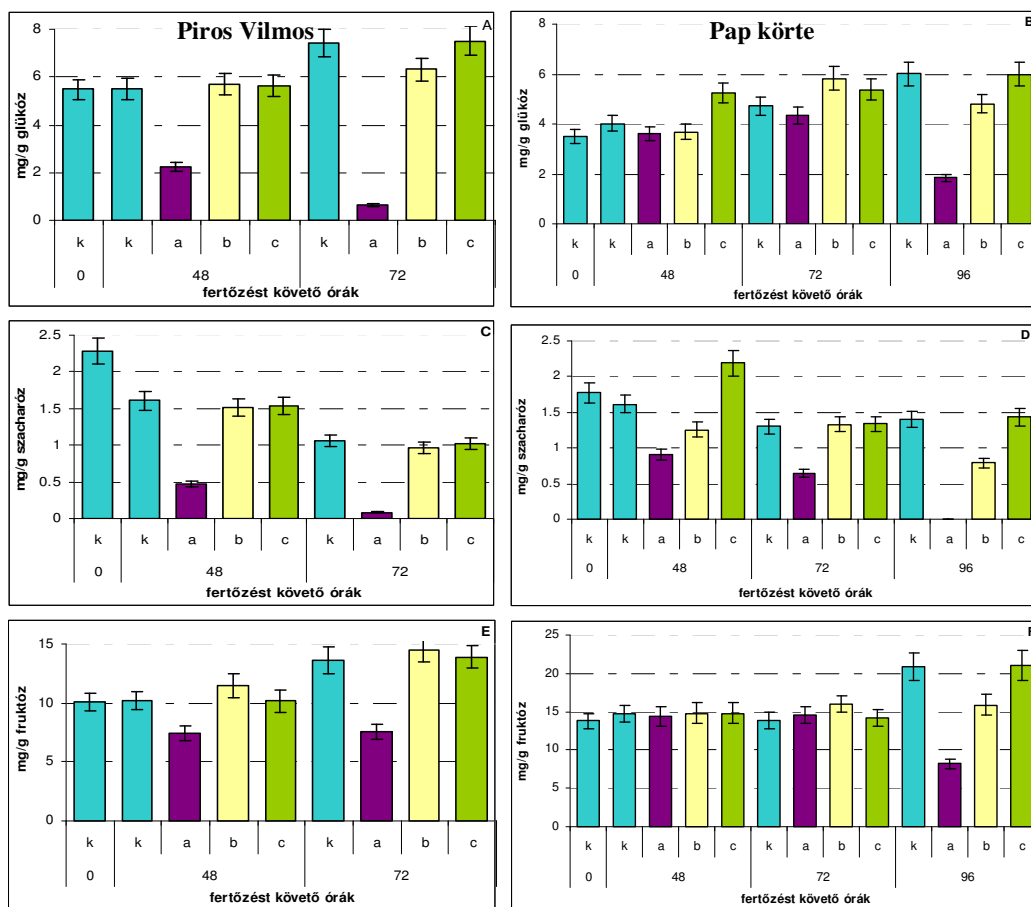
A kísérlethez két fajtából, a fogékony 'Piros Vilmos'-ból és a rezisztens 'Pap körte' fajtából vettünk mintákat. A mintavételek ideje az enzimaktivitás meghatározásnál leírt időpontokban történtek.

A kísérlet első évében (2003) a kontroll mintáknál a fogékony fajtában ('Piros Vilmos') magasabb **glükóz** koncentrációt (továbbiakban: **GK**) mértünk az ellenállóhoz viszonyítva. A fogékony fajtában a fertőzés hatására ez az érték a második napon az inokulációs pontban (a) jelentősen csökkent (60%-kal) a fertőzési ponttól távolabbi szövetekben (b) ekkor pedig nem változott. A fertőzést követő 72. órában a fogékony fajtánál további GK csökkenés volt tapasztalható a fertőzési pontban (91%). Az rezisztens fajtánál ('Pap körte') is hasonló tendenciájú változást mérhettünk, de kisebb intenzitással. A fertőzést követő 72. órában a fertőzési pontban (a) csak enyhe GK csökkenést tapasztalhattunk (9%), mely a 4. napra tovább süllyedt (63%-kal) (36. A-B ábra).

A mért kezdeti **szacharóz** koncentráció (továbbiakban: **SZK**) a fogékony fajtában szintén magasabb volt, mint a rezisztensben; a fertőzés hatására bekövetkező csökkenés

mértéke a két fajtában eltérő, de a változás tendenciája hasonló volt. Míg a fogékony fajtában az inokulációs pontban (a) már a fertőzést követő 48. órában 71%-os SZK csökkenést mértünk, addig a rezisztens fajtában ez a csökkenés csak 44%-os volt (36. C-D. ábra). A rezisztens fajta gyümölcseiben a fertőzést követő 48. órában az inokulációs ponttól távolabbi szövetekben (c) SZK növekedést mértünk. Ez a jelenség esetleges transzportfolyamatra utal.

A **fruktóz** koncentráció (továbbiakban: **FK**) a fertőzés hatására csak kisebb mértékben változott. Míg a fogékony fajtában a csökkenés már a 2. napon elkezdődött (27%), az ellenálló fajtánál csak a 4. napon mértünk FK csökkenést, ami akkor 61% volt (36. E-F. ábra).



36. ábra. Glükóz, szacharóz és fruktóz koncentráció változás a 'Piros Vilmos' (fogékony: A, C, E) és a 'Pap körte' (rezisztens: B, D, F) éretlen körtegyümölcseiben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003)

Glükóz: A-B, Szacharóz: C-D, Fruktóz: E-F

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta

Megvizsgáltuk a fertőzést követő 2 órával a fertőzési pontban (a) és mellette (b) lezajló folyamatokat (2004). Ebben az időpontban a rezisztens gyümölcsben ('Pap körte') az inokuláció melletti szövetekben (b) mind GK, SZK és FK növekedés történt. A fogékonyban

(‘Piros Vilmos’) viszont a SZK és a FK szintekben nem történt változás, a GK ellenben csökkent (2. melléklet 24. ábra).

A fertőzést követő 48. órában a biotikus stressz hatására mindkét fajtában a cukorfrakciók ugyanazzal a tendenciával viselkedtek, mint az előző évben: a GK a fogékony fajtában az *inokulációs pontban* (a) 74%-kal csökkent, a rezisztens fajtában a kontrollhoz képest nem változott (2. melléklet 24. A ábra).

Míg a SZK ebben az időpontban (48. óra) a fogékony fajtában a szűrés helyén 90%-kal csökkent, addig a rezisztensben nem változott, viszont a *szűrés mellett* (b) – hasonlóan 2003-hoz – 55%-kal nőtt (2. melléklet 24. B. ábra). A FK-ban hasonló változás történt: a fogékony fajtában az *inokulációs pontban* (a) 52%-os csökkenést mértünk, a rezisztensben viszont itt nem volt változás, *mellette* (b) viszont 80%-kal növekedett (2. melléklet 24. C ábra).

A kísérlet harmadik évében (**2005-ben**) az enzimaktivitás meghatározásokhoz hasonlóan az *E. amylovora* fertőzés után 24, 48, 72 és 168 óra elteltével történt mintavétel. A szénhidrát frakciók változása a fertőzési folyamat során végig hasonló tendenciát mutatott, mint az elmúlt két évben megfigyeltük. A kezeletlen, kontroll minták **GK**-ja az idő elteltével folyamatosan növekedett mindkét fajtánál, amit az éréssel magyarázunk. A fertőzés hatására az *inokulációs pontban* (a) a fogékony fajtában a kontrollhoz képest folyamatos GK csökkenést-, a rezisztens fajtában pedig a fogékony fajtánál lassabb csökkenést mértünk. A fogékonyban az *inokuláció mellett* (b) a fertőzést követő 24. és 48. órában 28% és 15%-os GK növekedést mértünk, a 72. órában pedig e mellett (c) volt 24%-os növekedés (2. melléklet 25. A-B ábra).

A fertőzés hatására a **SZK**-ra is előző években tapasztalt tendencia volt jellemző; mindkét fajtánál folyamatosan csökkentek a szintek, de az előző éveknél lassabb ütemben. Ebben az évben is a fogékony, ‘Piros Vilmos’ fajtánál volt gyorsabb a SZK csökkenése az inokulációs pontban (2. melléklet 25. C-D ábra).

A kezeletlen, kontroll kiindulási **FK** magasabb volt a rezisztens gyümölcsben. A fertőzés hatására az *inokulációs pontban* (a) a FK – az elmúlt évekhez hasonlóan – a glükóznál és a szacharóznál lassabban csökkent (2. melléklet 25. E-F ábra).

Kísérletünk jól tükrözte, hogy a fogékony fertőzött gyümölcs inokuláció körüli szöveteiben a baktérium gyorsabban tudott szaporodni, ebből adódik az anyagcsere-folyamataihoz elhasznált cukorfrakciók (glükóz, szacharóz) folyamatos – a rezisztens gyümölcs szöveteiben mérténél gyorsabb - csökkenése.

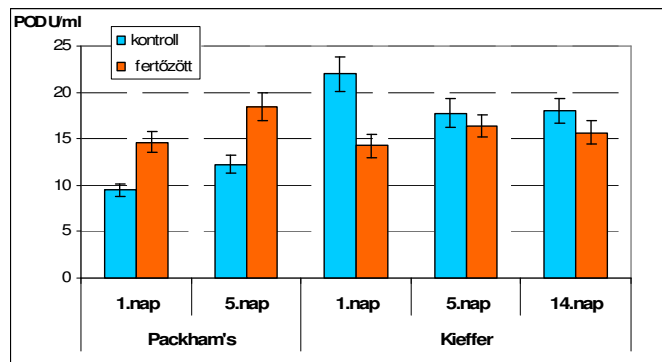
5.2.2. *Erwinia amylovora* fertőzés hatása konténeres oltványok hajtásaiban és leveleiben

5.2.2.1. A peroxidáz enzim (POD) aktivitásának változása

Előkísérletünkben (2003) két fajta, a fogékony 'Packham's Triumph' és a rezisztens 'Kieffer' hajtásaiban vizsgáltuk a peroxidáz enzim változását az *E. amylovora* fertőzés hatására. A fogékony fajta hajtásaiból a fertőzés utáni tizennegyedik napon már nem szedtünk mintát, mert az elbarnult hajtáson a magas páratartalom miatt penészgombák jelentek meg.

A **peroxidáz enzimaktivitás (POD)** értéke az első nap az ellenálló fajta kontrolljában ('Kieffer') magasabb – 2,3-szorosa – volt, mint a fogékony fajtában ('Packham's Triumph'). Az ötödik napra ez az érték a fogékony fajta kontrolljában nőtt, az ellenálló fajta kontroll hajtásában csökkent, – de még mindig a fogékony fajta kontroll szintjénél magasabb értékre – és később sem változott jelentős mértékben.

A fertőzés hatására a fogékony fajta ('Packham's Triumph') mind az első, mind az ötödik nap a stressz hatására kb. 50%-os megnövekedett POD enzimaktivitással reagált. Az ellenálló fajtában ('Kieffer') az első napra a POD enzimaktivitás 35%-kal csökkent, majd később nem változott (37. ábra).



37. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás (POD) változás a 'Packham's Triumph' (fogékony) és a 'Kieffer' (rezisztens) fajták hajtásaiban *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003)

Következő kísérletünkben, 2007-ben a 2003-ban vizsgált fajtákat vizsgáltuk, de pontosítottuk és sűrítettük a mintavételt, mivel kíváncsiak voltunk, hogy a fertőzés korai szakaszában van-e valamilyen stresszválasz a fogékony és rezisztens fajta leveleiben és hajtásaiban. A mintavétel időpontjai és helyei az Anyag és módszer fejezetben leírt módon és a 10. ábra szerint történt. A POD aktivitás változás elemzését először a levelekkel kezdeném, utána a hajtással, kicsit eltérve az ábra sorrendjétől (38. ábra).

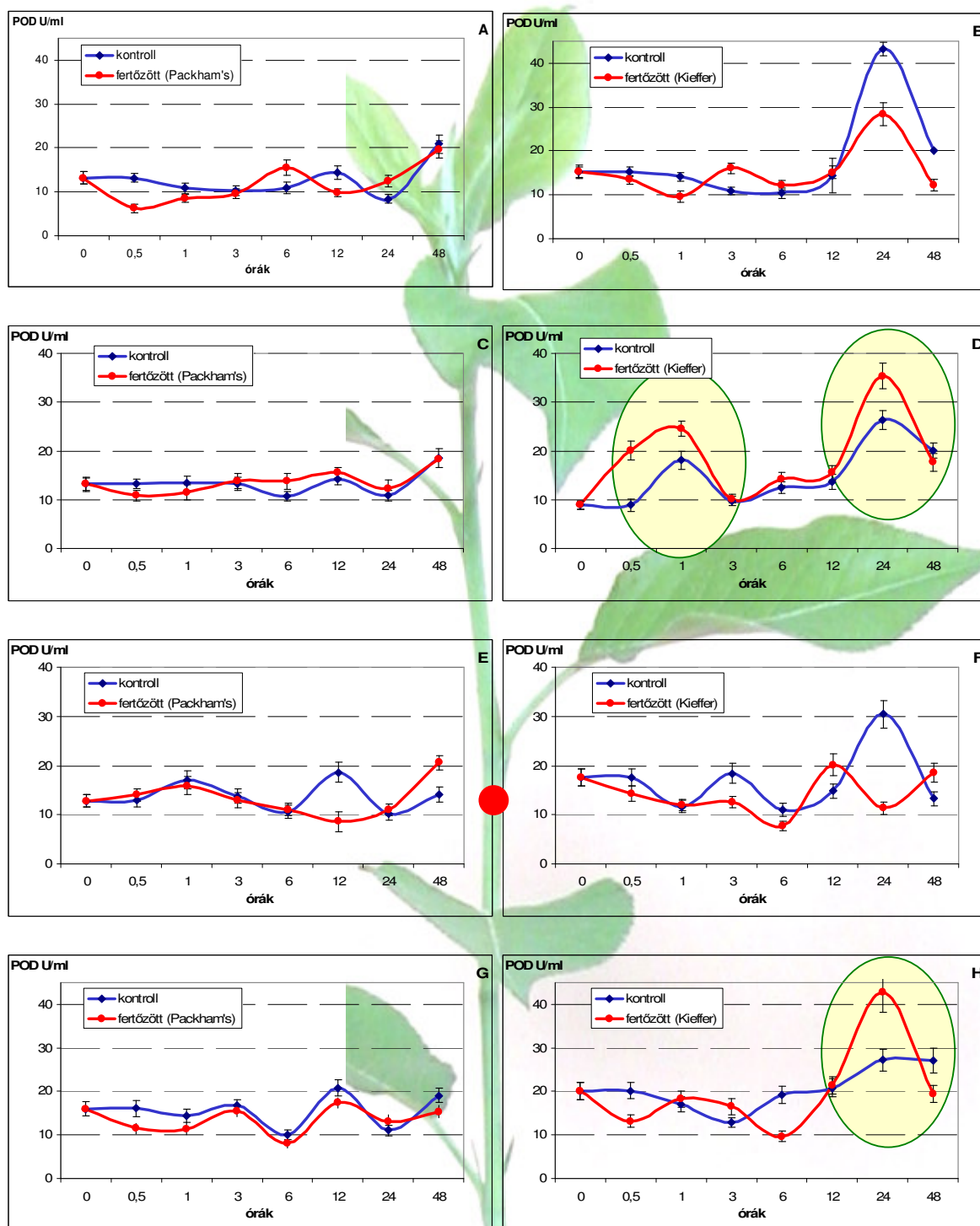
A csúcsi levelekben (L_1) mért kezdeti, kontroll POD aktivitás a rezisztens 'Kieffer' és a fogékony 'Packham's Triumph' fajtákban közel azonos volt. A fogékony fajta leveleiben a kontroll (desztillált vizes szűrással kezelt) POD értéke a fertőzést követő 12. óráig nem változott, a 24. órára enyhén csökkent, mely szignifikánsan növekedett a fertőzés utáni 48. órára (149%-kal nőtt). A rezisztens fajtában a kiindulási POD aktivitás érték szintén nem változott a fertőzést követő 12. óráig, a fertőzést követő 24. órára több, mint háromszorosára emelkedett, majd a 48. órára lecsökkent, de a kezdeti értéknél magasabb szintre (38. A-B ábra).

A fertőzés hatására a fajtákban ugyanaz a tendencia játszódtott le, mint azt a kontroll levelekben láttuk. A fertőzés után 3 órával a rezisztens fajtában a kontrollhoz képest POD aktivitás növekedését mértük (47%-os), míg a fogékony fajtában enzimaktivitás-növekedést csak a fertőzést követő 6. órában tapasztaltunk (42%-os). A későbbi időpontokban a kontroll értékekhez képest a kórokozóval inokulált hajtások hajtáscsúcsaiban nem mértünk POD aktivitás emelkedést egyik fajtában sem (38. A-B ábra).

A fertőzési pont feletti levelekben (L_2) mért kontroll, kiindulási POD aktivitás érték a fogékony fajtában ('Packham's') magasabb volt, mint a rezisztensben ('Kieffer'). A fogékony fajta kontroll POD értékei a fertőzést követő 24 óráig gyakorlatilag nem változtak, majd a 48. órára megnövekedtek. A rezisztens fajtában a kontroll POD aktivitás érték a fertőzést követő 1 órával 103%-kal megemelkedett, utána visszaesett, a 24. órára újabb 93%-kal nőtt, majd a 48. órára a kiindulási érték több, mint duplájára (223%) emelkedett (38. C-D ábra).

Az *E. amylovora* fertőzés hatására az L_2 levelekben mért POD aktivitás értékek ugyanazt a tendenciát mutatták, mint a kontrollban. A fogékony fajtában az inokulációt követő 6. órában mértünk a kontrollhoz képest 28%-os POD aktivitás emelkedést, a többi időpontban nem mértünk további változást. A rezisztens fajtában az inokulációt követő fél órával 125%-kal nőtt a POD aktivitás, mely további 36%-kal emelkedett az 1. órára. A kontrollhoz hasonlóan a fertőzött levélben a 24. órára érte el maximumát, majd a 48. órára megint süllyedt (38. C-D ábra).

A fertőzési pont alatti levelekben (L_3) mért kontroll, kiindulási értékek mindkét fajtában meghaladták az L_1 és L_2 -ben mérteteket. A 'Kieffer'-ben (rezisztens) a kontroll POD aktivitás magasabb volt, mint a 'Packham's Triumph'-ban (fogékony) fajtában. A rezisztens fajta leveleiben a 3. órára a POD aktivitás érték kissé csökkent, majd a 48. óráig folyamatosan növekedett. A fogékony fajtában a kontroll értékek hullámzó tendenciát mutattak (38. G-H ábra).



38. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás (POD) változása a 'Packham's Triumph' (fogékony) és a 'Kieffer' (rezisztens) körteoltványok leveleiben és hajtásában *Erwinia amylovora* fertőzés után (2007)
 Kontroll: desztillált vízzel kezelt

A, C, E, G: 'Packham's Triumph' fajtából vett minta
 B, D, F, H: 'Kieffer' fajtából vett minta

A-B: hajtáscsúcsi levelekben (L₁)
 C-D: fertőzési pont feletti levelekben (L₂)
 E-F: fertőzési pont feletti és alatti -3-3 cm-es hajtásban (H)
 G-H: fertőzési pont alatti levelekben (L₃)

Az inokulálás hatására a fogékony fajta leveleiben (L_3) a POD aktivitás szinte végig ugyanazt a tendenciát követte, mint a kontroll. A rezisztens fajtában a fertőzött szövetek POD aktivitása a 6. órára a kontroll szintje alá csökkent, ahonnan a 24. órára kiugróan – a kiinduló érték duplájára – nőtt, majd a 48. órára újból lecsökkent (38. G-H ábra).

A fertőzési ponttól felfelé és lefelé mért 3-3 cm-es hajtásdarabban (H) a rezisztens fajában magasabb kiindulás kontroll POD értéket mértünk, mint a fogékony fajtában. A kontroll POD értékek időbeni lefutása hasonló volt az L_2 -ben tapasztalthoz (38. E-F ábra).

A fertőzés hatására – fáziskéséssel – ugyanazt a tendenciát mértük, mint a kontroll mintákban. A rezisztens 'Kieffer'-ben a fertőzést követő 12. órában a kontrollhoz képest 35%-os enzimaktivitás-növekedést mértünk, míg a fogékony 'Packham's Triumph'-ban ez csak a 48. órában következett be (38. E-F ábra).

Kísérletünkben az látszik, hogy a fertőzés hatása - POD aktivitás növekedésben - először a rezisztens fajtában jelentkezett már fél órával a fertőzést követően az inokulációs pont feletti levelekben. A fogékony fajta ennél kisebb mértékű-, és későbbi időpontban történt emelkedéssel reagált a stresszre.

5.2.2.2. Az összes polifenoltartalom változása *Erwinia amylovora* fertőzés hatására

A mintavétel módja és időpontjai az Anyag és módszer-ben (10. ábra) ismertetettek szerint történt.

Összehasonlítva a kontroll szöveteket, megállapítottuk, hogy a legmagasabb összes polifenoltartalom (továbbiakban: **F**) a hajtáscsúcsi levelekben (L_1) volt. Ezekben a szövetekben a fogékony fajta ('Packham's Triumph') kontroll, kiindulási F tartalma 49%-kal magasabb volt, mint a rezisztens ('Kieffer') fajtában, mely az előbbi fajtában drasztikusan csökkent a 3. órára, a 24. órára kiugróan növekedett, majd a 48. órára megint csökkent. A rezisztens 'Kieffer' kontroll leveiben (L_1) az F alacsonyabb szintről indult, majd az idő függvényében folyamatosan növekedett, és a 48. órára szintén csökkent (39. A-B ábra).

Az inokuláció hatására mindkét fajtában ugyanazt a tendenciát tapasztaltuk, mint a kontroll szövetekben láttuk. A fertőzött szövetekben (L_1) az F a 12. óráig magasabb volt, mint a kontrollban, majd ehhez képest a 24. órában csökkent (39. A-B ábra).

A fertőzési pont feletti levelekben (L_2) mért kontroll, kiindulási F a fogékony fajtában ('Packham's') közel háromszorosa volt, mint a rezisztensben ('Kieffer'). A fogékony fajta kontroll értékei ugyanazzal a tendenciával változtak, mint az L_1 szintben. A rezisztens fajta

kontroll leveleiben az alacsony kiindulási F a 6. óráig folyamatosan növekedett, visszaesett, majd a 24. órára újra megemelkedett (39. C-D ábra).

Az inokuláció hatására a fogékony fajta fertőzött leveleiben a fertőzési folyamat során az F ugyanazt a tendenciát követte, mint kontroll szövetekben. A rezisztens fajtánál az inokulált levelekben az F a fertőzést követő 3. órára érte el a maximumát – a kontrollnál 60%-kal magasabb értéket – majd onnan csökkent (39. C-D ábra).

A fertőzési pont alatti levelekben (L_3) mért kezdeti kontroll F a fogékony 'Packham's Triumph' fajtában 5,6-szorosa volt a rezisztens 'Kieffer'-ben mért értéknek. Mindkét fajtában a kontroll értékek az inokulációs pont feletti levelekben (L_2) látott tendenciát követték (39. G-H ábra).

A fogékony fajta inokulált leveleiben (L_3) mért F a fertőzést követő 1. órára 66%-kal lecsökkent, majd a fertőzési folyamat során végig nagyjából ezen a szinten maradt. A rezisztens fajtában az F a fertőzést követő 3. és 24. órában szignifikánsan a kontroll szintje fölé emelkedett (39. G-H ábra).

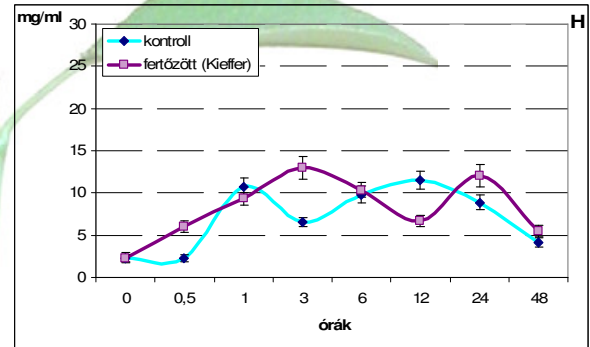
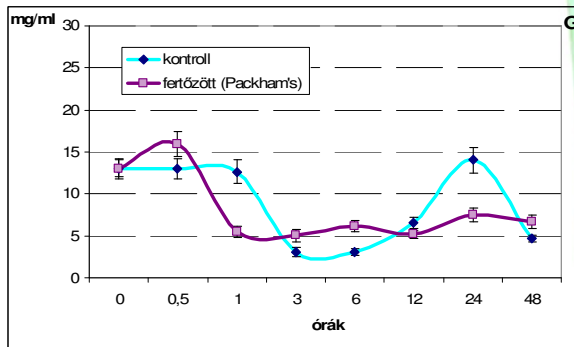
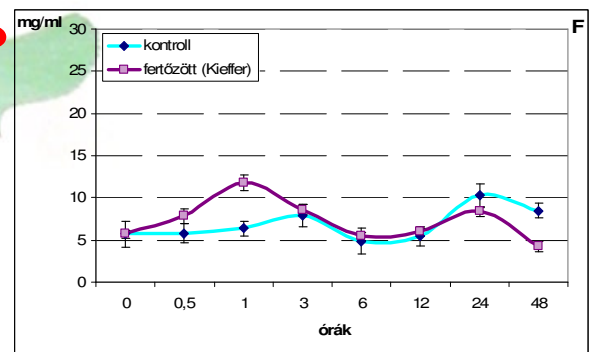
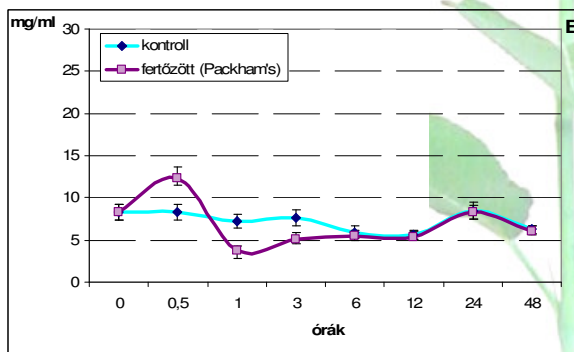
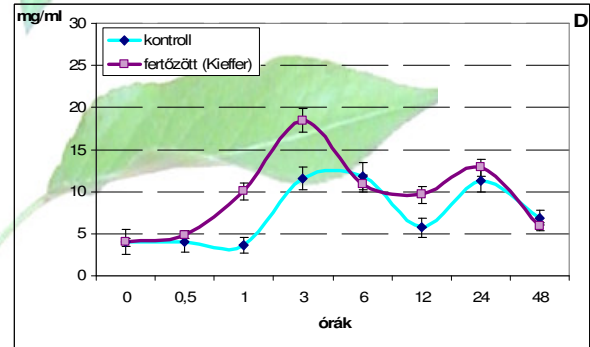
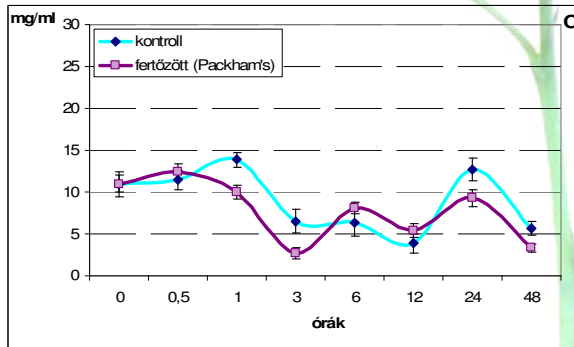
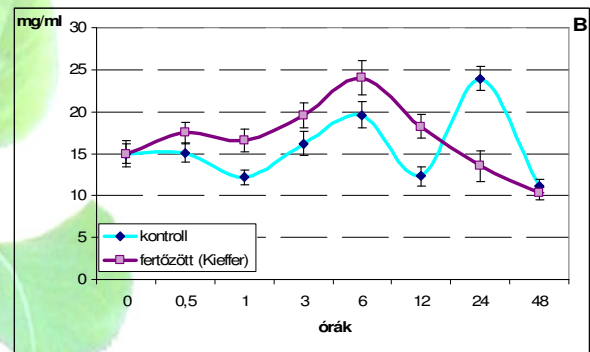
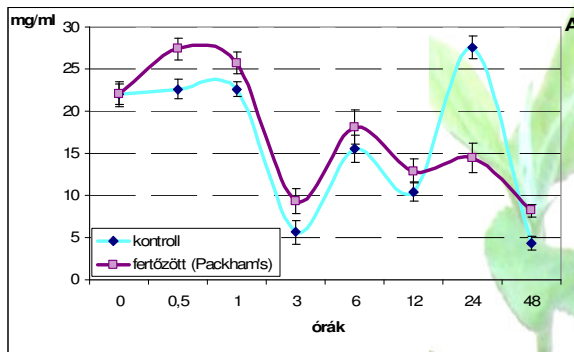
A fertőzési ponttól felfelé és lefelé mért 3-3 cm-es hajtásdarabban (H) a fogékony fajtában magasabb kiindulási kontroll F-t mértünk, mint a rezisztensben. A 2 fajta kontroll – desztillált vízzel kezelt – hajtásaiban az F változása hasonló tendenciát mutatott az idő függvényében: 12. órára lecsökkent, 24. órára megemelkedett, majd 48. órára megint visszaesett (39. E-F ábra).

A fogékony fajta fertőzött hajtásdarabjaiban (H) az F – hasonlóképpen az L_3 -ban tapasztalthoz – fél órával az inokulálást követően növekedett, de az 1. órára már drasztikusan lecsökkent. Az inokulált hajtásdarabban a kontrollhoz képest csak a fertőzést követő fél órával mértünk növekedést, később a kontroll szintjéhez képest nem volt változás. A rezisztens fajta fertőzött hajtásaiban az F a kontrollhoz képest az inokulálást követő 1. órára – 84%-kal – nőtt, a 48. órára viszont – 50%-kal – csökkent (39. E-F ábra).

Az inokuláció hatására a fertőzött szövetekben mért összes polifenoltartalom a fogékony fajtában a mintavétel első időpontjaiban általában nőtt, de utána az egész fertőzési folyamat során csökkent, a kezdeti, kiinduló érték alá. A fertőzés hatására viszont a rezisztens fajta leveleiben az összes polifenoltartalom a 3-6. óráig folyamatosan nőtt, ahonnan a 48. órára - a fogékonynál kisebb mértékben - csökkent.

fogékony

rezisztens



39. ábra. Összes polifenoltartalom változása a 'Packham's Triumph' (fogékony) és a 'Kieffer' (rezisztens) körteoltványok leveleiben és hajtásában *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2007)

Kontroll: desztillált vizes

A, C, E, G: 'Packham's Triumph' fajtából vett minta

B, D, F, H: 'Kieffer' fajtából vett minta

A-B: hajtáscúcsi levelekben (L₁)

C-D: fertőzési pont feletti levelekben (L₂)

E-F: fertőzési pont feletti és alatti -3-3 cm-es hajtásban (H)

G-H: fertőzési pont alatti levelekben (L₃)

5.2.2.3. A fertőzés hatása a szénhidráttartalomban bekövetkezett változásra

A peroxidáz és az összes polifenoltartalom mellett vizsgáltuk a konténeres oltványok leveleiben és hajtásaiban a szénhidrát frakciók változását is a fogékony 'Packham's Triumph' és a rezisztens 'Kieffer' fajtákban. A mintavétel időpontjai és helyei az Anyag és módszer fejezetben leírt módon és 10. ábra szerint történt.

A vizsgált mintákban a HPLC-vel mérhető cukorfrakciók közül a legnagyobb koncentrációban a szorbitol (4-25 mg/g) volt jelen. Ezt követte a glükóz (5-12 mg/g), a szacharóz (1,5-6 mg/g), a fruktóz (0,4-1,6 mg/g) és a galaktóz (0,2-2 mg/g).

A fertőzésre bekövetkező glükózváltozás

A peroxidáz aktivitás változás elemzéséhez hasonlóan, elsőként a levelekben (L_1 - L_3) bekövetkező glükóz koncentráció (továbbiakban: **GK**) változással kezdem.

A hajtáscsúcsi levelekben (L_1 -ben) mért kiindulási kontroll GK magasabb volt a fogékony fajtában ('Packham's Triumph'), mint a rezisztensben ('Kieffer'). Mind a két fajtában a GK növekedett, a rezisztens fajtában a 12. órában-, a fogékonyban a 24. órában érte el maximumát (40. A- B ábra).

Az inokuláció hatására a fogékony fajta leveleiben (L_1) mért glükóz szint a kiindulási kontrollhoz képest az első mintavétel alkalmával nem változott, de a fertőzés után 1 órával 30%-kal csökkent, utána a 24. órára tudott visszaállni a kiindulási értékre. Ezután a 48. órára újból, 40%-kal csökkent (40. A ábra).

A rezisztens fajta hajtáscsúcsi leveleiben a kezdeti GK – enyhe csökkenés után – az 1. órára 50%-kal növekedett, mely lassan, fokozatosan csökkent a 24. óráig, majd a 48. órára szintén visszaesett (40. B ábra). A két fajtában a fertőzést követő 6. órától a fertőzött szövetben mért GK értékek alacsonyabbak voltak a kontroll értékeknél.

Az inokulációs pont feletti levelekben (L_2 -ben) a fogékony fajtában mért kezdeti, kontroll GK szintén magasabb volt a rezisztensben mérténél, mely a fogékonyban a 24. óráig gyakorlatilag állandó maradt, a rezisztensben viszont a 3. órára megemelkedett (40. C-D ábra).

Az inokuláció hatására a fogékony fajta inokulációs pont feletti leveleiben (L_2) mért GK a kiindulási kontrollhoz képest már a fertőzést követő fél órával 29%-kal csökkent, és csak a 3. órára állt vissza a kiindulási szintre, melyről fokozatosan, a 48. óráig csökkent (40. C ábra). A rezisztens fajtában a fertőzést követő fél órában nem mértünk változást, az 1. órában

– az L_1 -hez hasonlóan – viszont GK növekedés történt, mely a 3. óráig folyamatosan tovább nőtt a fertőzött szövetekben. Innen a kontrollhoz hasonlóan csökkent (40. D ábra).

Az inokulációs pont alatti levelekben (L_3 -ben) a fogékony fajtában mért kezdeti, kontroll GK – ahogy az L_1 és L_2 -ben is láttuk – magasabb volt a rezisztensben mérténél.

Az fertőzés hatására a fogékony fajta leveleiben (L_3) mért GK a kiindulási kontrollhoz képest a fertőzést követő fél órával kissé (15%-kal) csökkent. Az 1. órára újból visszaállt a kezdeti értékre, ahonnan folyamatosan a 24. óráig csökkent. A rezisztens fajtában az inokulálást követő fél órában a GK szinte nem változott, majd az 1. órára szignifikánsan, 59%-kal nőtt. Ezt követően a 12. órában érte el maximumát, mely a 48. órára a kezdeti értékre süllyedt (40. G-H ábra).

Az inokulációs pont alatti és feletti 3-3 cm-es hajtásdarabban (H) a levelekhez képest sokkal alacsonyabb GK-t mértünk, mely magasabb volt a fogékony fajtában (40. E-F. ábra).

Az inokuláció hatására a GK a fogékony fajtában a kontrollhoz képest csökkent, a rezisztens fajtában viszont – a 6. óra kivételével – folyamatos növekedést mértünk.

A fertőzés hatására eltérő tendencia volt megfigyelhető a fogékony és rezisztens fajtában, a fogékonyban GK csökkentést, míg a rezisztensben növekedést detektáltunk a levelekben.

A fertőzésre bekövetkező szacharóztartalom változás

A hajtáscsúcsi levelekben (L_1 -ben) mért kiindulási, kontroll szacharóz koncentráció (továbbiakban: **SZK**) a fogékony ('Packham's Triumph') fajtában magasabb volt, mint a rezisztensben ('Kieffer').

Az inokuláció hatására a fogékony fajta leveleiben (L_1) mért SZK a kiindulási kontrollhoz képest a fertőzés után 1 óráig 50%-kal csökkent, és enyhe emelkedés után a 48. óráig folyamatosan csökkent. A rezisztens fajtában a kezdeti, enyhe csökkenés után a kiindulási érték a 3. órára visszaállt, majd a fogékonyhoz hasonlóan a 48. óráig folyamatosan csökkent (41. A-B ábra).

Az inokulációs pont feletti levelekben (L_2 -ben) magasabb SZK-t mértünk, mint a hajtáscsúcsban, és a fogékony fajtában mért kezdeti, kontroll érték magasabb volt a rezisztensben mérténél. A kontroll értékek mind a két fajtában csökkentek, mely a fogékony fajtában kezdetben markánsabb volt (41. C-D ábra).

Az inokuláció hatására a fogékony fajta leveleiben (L_2) mért SZK a kiindulási kontrollhoz képest a fertőzést követő fél órával 55%-kal csökkent, ahonnan emelkedett, de

nem tudott visszaállni a kiindulási szintre. A 6. órára újból lecsökkent, majd a 48. óráig a kontroll szintjéig növekedett (41. C ábra).

A rezisztens fajtában a fertőzést követő fél órával enyhébb, 40%-os csökkenést mértünk, mely utána lényegesen (67%-kal) emelkedett. Innen a 48. óráig folyamatos csökkenést tapasztaltunk (41. D ábra).

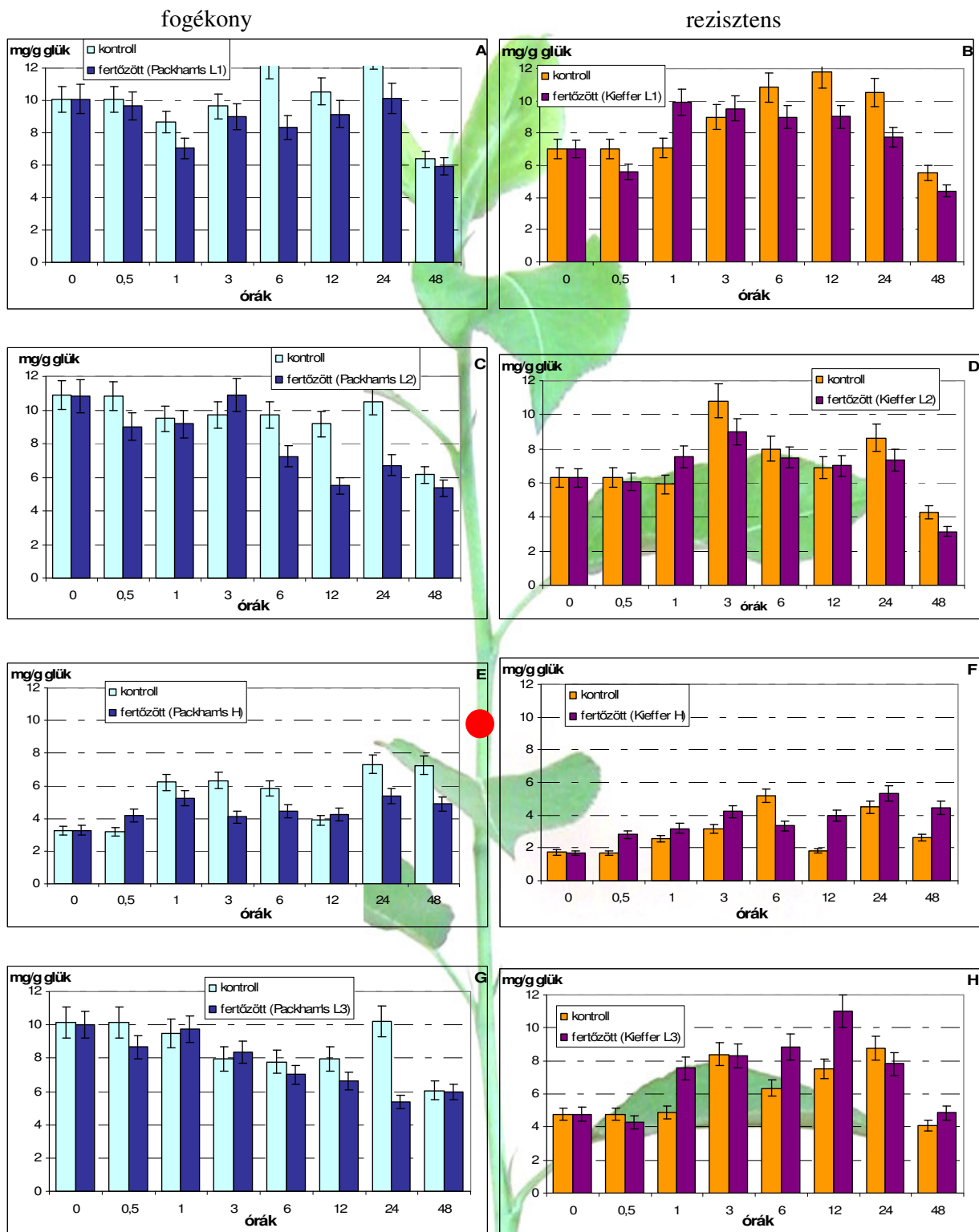
Az inokulációs pont alatti levelekben (L₃-ben), a fogékony fajtában mért kezdeti, kontroll SZK magasabb – háromszorosa – volt a rezisztensben mértnél.

Az inokuláció hatására mindkét fajtánál a kontrollhoz hasonló tendencia következett be: a fogékony fajta leveleiben (L₃) mért SZK a folyamatosan csökkent (41. G ábra). A rezisztens fajtában a fertőzést követő 6. óráig a SZK növekedett, onnan a 48. óráig folyamatosan csökkent (41. H ábra).

Az inokulációs pont alatti és feletti 3-3 cm-es hajtásdarabban (H) a levelekhez képest sokkal alacsonyabb SZK-t mértünk. A fertőzés hatására a fogékony fajtában a SZK a 3. óráig növekedett, onnan csökkent, és a 24. órában érte el maximumát. A rezisztens fajtában a 12. óráig folyamatos növekedés történt (41. E-F ábra).

A fertőzés hatására a levelekben a GK-hoz hasonlóan a fogékony fajtában SZK csökkenést figyeltünk meg. A rezisztens fajtában egy bizonyos időpontig (3., vagy 6. óra) növekedés történt, majd folyamatos csökkenés.

A fertőzésre a szorbitoltartalom is a szacharózhoz hasonló tendenciával változott, ezért annak részletes ismertetésétől eltekintünk.



40. ábra. Glükóztartalom változása a 'Packham's Triumph' (fogékony) és a 'Kieffer' (rezisztens) körteoltványok leveleiben és hajtásában *Erwinia amylovora* fertőzés után (2007)

kontroll: desztillált vízzel kezelt

A, C, E, G: 'Packham's Triumph' fajtából vett minta

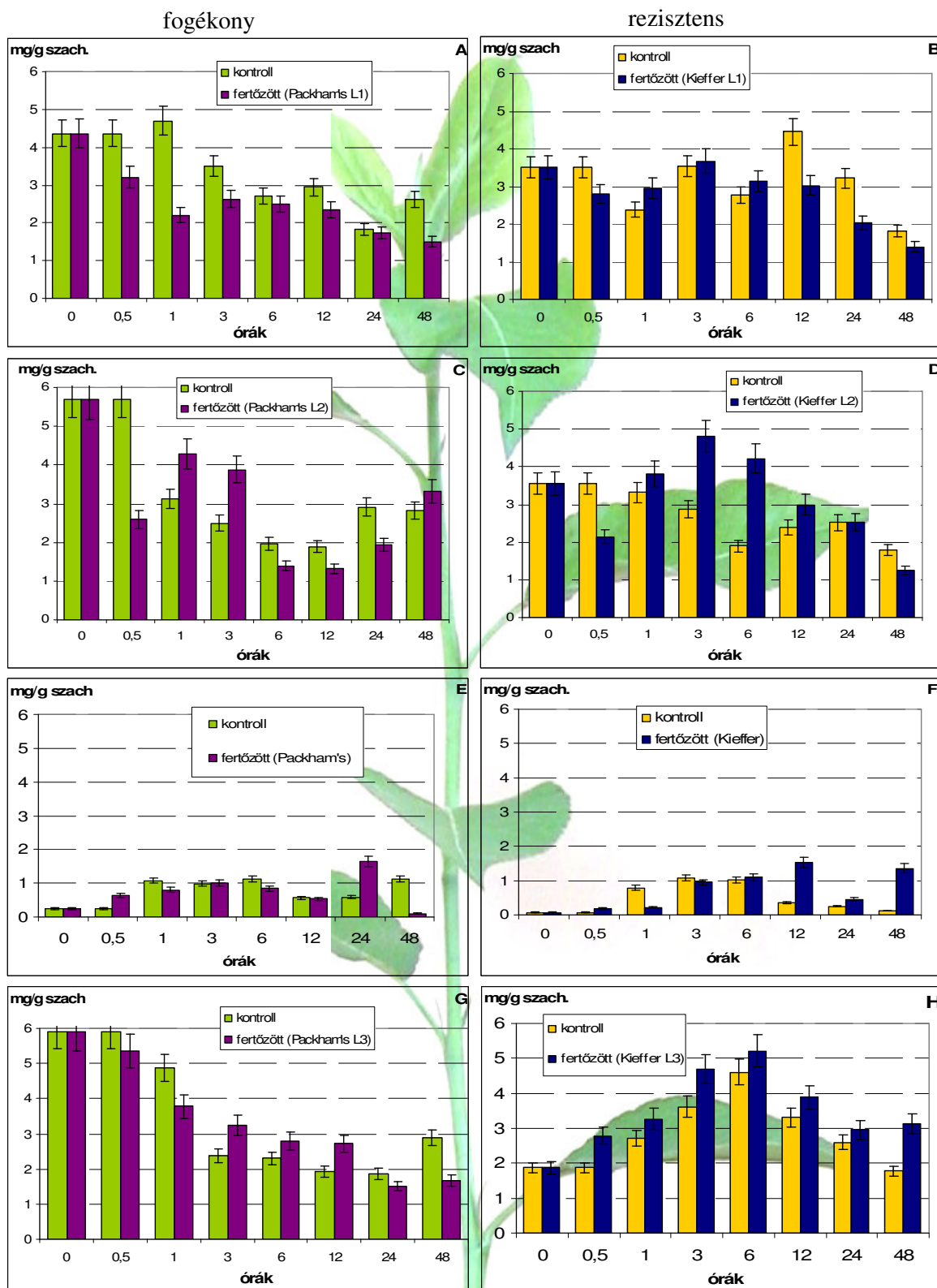
B, D, F, H: 'Kieffer' fajtából vett minta

A-B: hajtáscsúcsi levelekben (L₁)

C-D: fertőzési pont feletti levelekben (L₂)

E-F: fertőzési pont feletti és alatti -3-3 cm-es hajtásban (H)

G-H: fertőzési pont alatti levelekben (L₃)



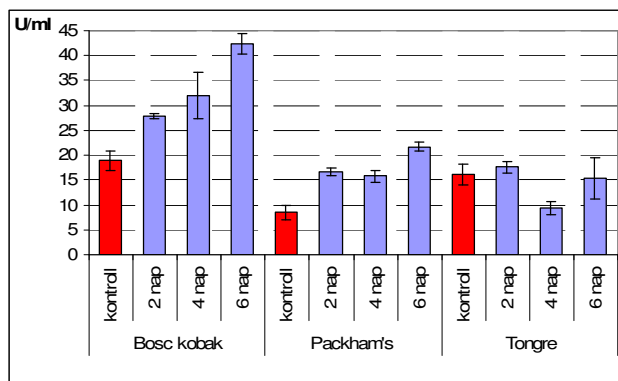
41. ábra. Szacharóztartalom változása a 'Packham's Triumph' (fogékony) és a 'Kieffer' (rezisztens) körteoltványok leveleiben és hajtásában *Erwinia amylovora* fertőzés után (2007)
 Kontroll: desztillált vízzel kezelt
 A, C, E, G: 'Packham's Triumph' fajtából vett minta
 B, D, F, H: 'Kieffer' fajtából vett minta
 A-B: hajtáscsúcsi levelekben (L₁)
 C-D: fertőzési pont feletti levelekben (L₂)
 E-F: fertőzési pont feletti és alatti 3-3 cm-es hajtásban (H)
 G-H: fertőzési pont alatti levelekben (L₃)

5.2.3. *Erwinia amylovora* fertőzés hatása mikroszaporított növényekben

Mikroszaporított növényeket 2005-ben és 2006-ban fertőztünk. 2005-ben a modellkísérlethez 3 fajta állt rendelkezésünkre, a 'Bosc kobak' (közepesen fogékony), a 'Packham's Triumph' és a 'Tongre' (két utóbbi nagyon fogékony). 2006-ban a rezisztens 'Harrow Sweet' és a nagyon fogékony 'Packham's Triumph' fajtákból tudtunk mintát venni.

5.2.3.1. Peroxidáz aktivitás változás mikroszaporított növényekben

2005-ben kevés növényanyag állt rendelkezésünkre, ezért minden fajtánál csak egy időpontban (0. órában) tudtunk a kontroll növényből mintát venni. A fajták között a legmagasabb kontroll értéket a 'Bosc kobak' mikroszaporított növényekben mértük. Az inokuláció hatására a 'Packham's Triumph' (nagyon fogékony) szöveiteiben a fertőzést követő 2. napon közel 100%-os POD enzimaktivitás emelkedést mértünk a kontrollhoz képest, mely a 6. napra további 37%-kal növekedett. A szintén nagyon fogékony 'Tongre' fertőzött szöveiteiben viszont nem mértünk POD emelkedést a kontrollhoz képest. A közepesen fogékony 'Bosc kobak' szöveiteiben a fertőzési folyamat során folyamatosan nőtt a POD enzimaktivitás, mely a fertőzést követő 6. napon a kiindulási, kontroll értéket 123%-kal haladta meg (42. ábra).



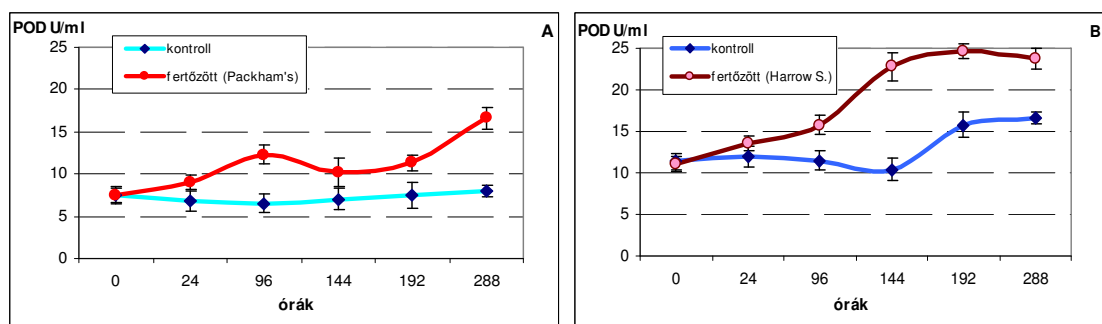
42. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás a 'Bosc kobak' (közepesen fogékony), a 'Packham's Triumph' és a 'Tongre' (nagyon fogékonyak) mikroszaporított növényekben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2005)

jelölés: ■: kontroll értékek
■: fertőzött értékek

Következő kísérletünkben (2006-ban) a betegséggel szemben ellenálló 'Harrow Sweet' fajtában magasabb kiinduló, kontroll POD enzimaktivitás szintet mértünk a fogékony 'Packham's Triumph'-hoz képest, mely a rezisztens fajtában a 192. órára (8. nap) kissé nőtt, míg a fogékony fajtában közel állandó szinten maradt (43. ábra).

Az *E. amylovora* fertőzést követően az inokulált szövetekben a POD aktivitás mindkét vizsgált fajtánál megemelkedett, a tünetek kifejlődésével párhuzamosan. A fogékony 'Packham's Triumph' szöveiteiben (43. A ábra) a fertőzést követő 96. órában mértünk jelentős POD aktivitás emelkedést (90%), amely a fertőzést követő 144. órára csökkent, majd a 288.

órában ismét szignifikánsan nőtt (110%). A rezisztens fajta inokulált szöveteiben folyamatosan nőtt a POD aktivitás, mely a fertőzést követő 144. órában 120%-kal-, a 288. órában pedig 43%-kal haladta meg a kontroll értékeket (43. B ábra).



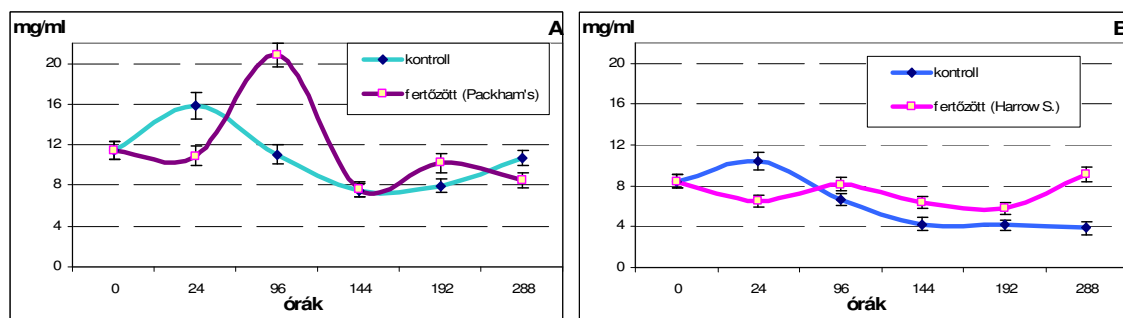
43. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás a 'Packham's Triumph' (nagyon fogékony: A) és a 'Harrow Sweet' (rezisztens: B) mikroszaporított növényekben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2006)

A mikroszaporított növényekben a PPO enzimaktivitás annyira alacsony volt, hogy azt nem tudtuk mérni.

5.2.3.2. Összes polifenoltartalom változás a mikroszaporított növényekben

A mikroszaporított növényekben vizsgált kontroll összes polifenoltartalom (továbbiakban: F) a fogékony 'Packham's Triumph'-ban volt magasabb, mint azt a konténeres oltványok hajtásaiban is mértük. A két fajta szöveteiben mért kontroll időbeni lefutása nagyon hasonló volt: a 24. órára növekedett, a 144. órára (6. napra) lecsökkent (44. ábra).

Az inokulálást követően a fogékony növényben az F – a POD aktivitáshoz hasonlóan – a fertőzést követő 96. órában a kontrollhoz képest jelentősen növekedett (92 %-kal); a fertőzést követő későbbi időpontokban viszont a kontroll értékéhez képest nem mértünk szignifikáns növekedést (44. A ábra). A rezisztens növényben az inokulált szövetek F tartalma a 24. órában a kontrollhoz képest csökkent, és csak a 288. órában mértünk lényeges emelkedést (137%) a kontroll szintjéhez képest (44. B ábra).



44. ábra. Összes polifenoltartalom változás a 'Packham's Triumph' (nagyon fogékony: A) és a 'Harrow Sweet' (rezisztens: B) mikroszaporított növényekben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2006)

5.3. Új tudományos eredmények

Az új tudományos eredményeket az alábbiakban foglalom össze.

1. Magyarországon elsőként vizsgáltam különböző körtefajták tűzelhalással szembeni fogékonyságát. A vizsgálatokba mintegy 40 fajtát vontam be.
2. A körtefajták virágszerveire az *Erwinia amylovora*-val történő inokulációs és értékelési módszereket dolgoztam ki. Megállapítottam, hogy a fajták fogékonyságának/rezisztenciájának mértékét a vacokon és a csészeleveleken jelentkező tünetekkel jellemezhetjük legbiztosabban.
3. A hajtásokra vonatkozó szakirodalomban közölt vizsgálati és értékelési módszereket módosítottam, illetve kiegészítettem a hajtásban levő baktériumok kitenyésztésével és visszaszámlálásával.
4. A szakirodalomban kevés és hiányos adat áll rendelkezésre a körtegyümölcsök tűzelhalás-fogékonyságáról, ezért munkám hiánypótló, melynek során új adatokat szolgáltatam valamennyi rendelkezésre álló körtefajta gyümölcséről.
5. A virág, hajtás és gyümölcs összesített adatainak ismeretében különböző fogékonysági kategóriákba (mérsékleten rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony és igen erősen fogékony) soroltam a fajtákat.
6. Megállapítottam, hogy a betegség folyamata biokémiai markerekkel nyomon követhető:
 - a, A vizsgált biokémiai paraméterek közül a peroxidáz enzimaktivitás változása jellemezte legjobban a tűzelhalás fertőzésre adott fogékony és rezisztens gazdaválaszt mind a gyümölcsben, hajtásban, levélben, mind a mikroszaporított növényben.
 - b, A szénhidrátfrakciók közül a glükóz és a szacharóz változásaiból lehetett nyomon követni a kórfolyamatot a fogékony- és mérsékleten rezisztens fajták különböző szerveiben, így a gyümölcsben és a levélben.

6. MEGVITATÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

6.1. A körtefajták tűzelhalás fogékonysága

A fertőzési módszerek kidolgozása során fontos tapasztalatokat szereztünk. A kísérlet indításakor (2001-ben) a termőgallyakon levő virágzatokat *E. amylovora* szuszpenzió permetezésével fertőztük. Ez a fertőzési módszer nem volt még elég kifinomult, túl sok baktérium szuszpenzió került a virágzatokra, a szíromlevelek hamar elbarnultak, majd lehullottak, a virágszerveken található tünetek egybemosódtak, ezért értékelésük nehéz volt. A kapilláris technika bevezetésével meghatározott mennyiségű (20 µl/virág, Hevesi szóbeli közlés) baktérium szuszpenzió került a bibékre, mely fertőzési mód jobban hasonlít a természetben lejátszódó spontán fertőződéshez. E fertőzési móddal a virágok fertőzöttségét pontosan lehetett értékelni.

A virágfertőzések után kapott eredményeink nagy részben megegyeztek Thibault et. al. (1989) eredményeivel. A szerzők mesterséges virágfertőzéses kísérleteiben szintén nagyon, illetve igen erősen fogékonnak találták a 'Packham's Triumph', a 'Conference', a 'Bosc kobak', az 'Eldorado', a 'Harvest Queen' és a 'Dr. Guyot Gyula' fajtákat. Ezeket az eredményeket mi is alá tudtuk támasztani. A 'Vilmos' és a 'Clapp kedveltje', a 'Harrow Delight' és a 'Moonglow' fajták virágait Thibault és munkatársai közepesen fogékonnak találták. Az első három fajtát mi is a közepesen fogékony csoportba helyeztük, a 'Moonglow' viszont a saját kísérletünk alapján nagyon fogékony volt. Szintén hasonlóan egybevágó eredményekre jutottunk a 'Kieffer' és az 'Avranches-i jó Lujza' fajták esetében; ezeket a fajtákat Thibault és munkatársai gyengén fogékonnak találták, mi is ezeket a mérsékelt rezisztens csoportba soroltuk. Míg a 'Magness' fajta és egyes 'US' hibridek a francia kutatók kísérletében nagyon gyengén fogékonyak voltak, addig saját inokulálás után ezek a fajták erőteljesebben fertőződtek.

A körtefajták virágfertőzését követően teljesen ellenálló virágokat ritkán lehet találni. Még azon fajták esetében is, amelyek hajtásfertőzést követően a hajtások ellenállóak voltak, a virágokat általában fogékonnak találtuk. Ezzel a megállapítással (Le Lezec et al., 1995; van der Zwet és Bell, 1995) mi is egyetértettünk. Több fajta esetében a hajtások nem, vagy csak kissé fertőződtek ('Moonglow', 'Harrow Sweet', US hibridek, 'Magness'), a virágfertőzést követően ezen fajták virágai viszont – különböző mértékben bár, de – fogékonyak voltak.

A hajtásfertőzés eredményeinket is összevetettük a szakirodalomban talált eredményekkel. Thibault és munkatársai (1989) szintén mesterséges fertőzéssel állapították meg a hajtások fogékonyságának mértékét, mely eredmények egyrészt megegyeztek az általunk kapottakkal: a 'Harrow Delight' a 'Moonglow', a 'Harvest Queen', és több 'US'

hibrid a francia kutatók szerint is a „nagyon gyengén érzékeny” kategóriában foglal helyet. Mi a 'Kieffer'-t szintén mérsékelt rezisztensnek találtuk, míg Thibault és munkatársai szerint közepesen érzékeny. Ők a 'Bosc kobak', a 'Conference', az 'Eldorado' fajtákat is ide sorolták, ezek a mi eredményeink szerint igen erősen fogékonyak voltak. A 'Vilmos', a 'Dr. Guyot Gyula', a 'Packham's Triumph' esetében mind a két kutatás szerint ezek a fajták a legfogékonyabb csoportban helyezkedtek el.

Le Lézec és munkatársai (1998) szintén mesterséges fertőzés után vizsgálták a körtefajták rezisztenciáját a hajtásfertőződés mértéke alapján. A 'Harrow Sweet' fajtát, több HW fajtajelölteket és 'US' hibridet a legkevésbé fogékony kategóriába sorolták. Kísérletünkben az általunk nagyon fogékony 'Conference' is itt foglalt helyet. A 'Vilmos'-t és a 'Társulati esperes'-t a mi eredményeinkhez hasonlóan nagyon fogékonnak találták.

Értékeltek Kelet-Európából származó körtefajták tűzelhalással szembeni fogékonyságát természetes hajtásfertőződés és mesterséges inokuláció alapján (van der Zwet és Bell, 1990, 1995). A 'Bohusné vajkörte' fajtát rezisztensnek találták, mely a mi kísérletünkben is csak közepesen fogékony volt a hajtásfertőződés alapján. Le Lezec és Belouin (1991) azt tapasztalták, hogy a piros héjszínű mutánsok általában hasonló fogékonysággal bírnak, mint az alapfajták, kivéve néhány fajtát, mint pl. a 'Senzation'-t, ami a 'Vilmos' mutánsa. Ez a fajta a mi kísérletünkben is fogékonyabb volt, mint a 'Vilmos'.

A **fajták tűzelhalás fogékonyságának** jellemzéséhez szükség van a **virágok** és a **hajtások** fogékonyságának együttes értékelésére (13. táblázat, 2. melléklet 26. ábra). Ez alapján kiemelném a '**Kieffer**' fajtát, mivel mindkét szerv fogékonysága szerint mérsékelt rezisztens volt. Az '**Avranchesi jó Lujza**' a virágok fogékonysága alapján mérsékelt rezisztens, és a hajtásfertőzés szerint közepesen fogékony; a '**Harrow Delight**' pedig a hajtásfertőzés alapján mérsékelt rezisztens és a virágok fogékonyságának adatai szerint közepesen fogékony. A többi fajtánál gyengébb tűzelhalás fogékonysága alapján kitűnik még a '**Star**', a '**Clapp kedveltje**' és a magyar származású '**Bohusné vajkörte**', melyek inokulációs kísérletünk szerint a két szerv alapján csupán közepesen fogékonyak voltak a tűzelhalás fertőzésre. Thibault és Le Lezec (1990) a 'Harrow Delight' fajtát mindkét szerv szerint szintén az alacsony fogékonysági kategóriába, és az 'Avranchesi jó Lujza' fajtát a közepesen fogékony kategóriába helyezték. A 'Harvest Queen' fajtát mindkét szerv fogékonysága alapján nagyon fogékonnak találtuk, mely eredmény Thibault és Le Lezec kísérletében is egyezik. Főbb árufajtáink közül a 'Bosc kobak', a 'Conference', a 'Dr. Guyot Gyula', a 'Tongre', a 'Packham's Triumph' és a 'Hardenpont téli vajkörte', a választékbővíítő fajták közül pedig az 'Eldorado' – ami több irodalom szerint rezisztens (Le Lezec et al, 1998) –, a 'Fertilia Delbard', a 'Porporata', és a régi fajták közül a 'Pap körte' mindkét szerve

nagyon fogékony, illetve igen erősen fogékony volt a tűzelhalást fertőzést követően. Thibault és Le Lezec a 'Packham's Triumph' és a 'Dr. Guyot Gyula' esetében velünk azonos eredményt kapott, a 'Conference', a 'Bosc kobak', az 'Eldorado' fajták esetében a nagyon fogékony virágok mellett a hajtásokat viszont csak közepesen fogékonyak találták.

A francia kutatók a 'Moonglow', a 'Magness' és a 'Harrow Sweet' fajtát és több US hibridet a hajtás és virágfogékonyság alapján szintén a legkevésbé fogékony kategóriába helyezték. Ezeket a fajtákat a hajtások inokulációját követően szintén a mérsékelt rezisztens kategóriába helyeztük, viszont a virágok a fertőzést követően fogékonyabbak voltak.

Megállapítottuk, hogy több fajtánál nem esett egybe a virágok és hajtások fogékonysága, néhány fajtánál teljesen ellentétes tendenciát mutatott a két szerv fertőződése. A hajtások fogékonysága alapján mérsékelt rezisztens 'Moonglow', 'Harrow Sweet' és 'US 65062-13' a virágszervek inokulálása után igen erős fogékonyságot mutattak, a virágfertőzést követően mérsékelt rezisztens 'Hosui' és 'Erdei vajkörte' pedig a hajtásfertőzést követően voltak nagyon, illetve igen erősen fogékonyak a tűzelhalás fertőzésre.

13. táblázat. Körtefajták relatív tűzelhalás fogékonysága a hajtás- és virágfertőzés alapján (2001-2005)

Hajtás ↓				
EF	Erdei vajkörte	Bronzovaja	Bosc kobak Eldorado Tongre	Baki Bosc, Conference, Fertilia Delbard, Hardenpont téli vajkörte, Packham's Triumph, Pap körte, Porporata
NF	Hosui HP25	Ilonka Nijissejiki Vilmos	Harvest Queen NP41	Dr. Guyot Gyula Mosoly
KF	Avranches jó Lujza	Bohusné vajkörte Clapp kedveltje Star	Giffard vajkörte Magness Magyar kobak	Cascade
MR	Kieffer	Harrow Delight		Harrow Sweet Moonglow US 65062-13
Virág →	MR	KF	NF	EF

MR: mérsékelt rezisztens, **KF:** közepesen fogékony, **NF:** nagyon fogékony, **EF:** igen erősen fogékony

A szakirodalomban az **éretlen gyümölcsök** fertőződésére kevés figyelmet fordítottak, de mivel a fertőzött gyümölcs a szállítással fertőzési forrássá válhat, ezért fogékonysága szintén a fajta értékmérő tulajdonságának tekinthető. A gyümölcsök fogékonyságáról csak egy irodalmat találtam (Paulin et al., 1990), a fajták fogékonyságáról szóló többi irodalom mind a hajtások, illetve virágok ellenállóságát elemzi. Paulin és munkatársai (1990) más módszerrel végezte a gyümölcsök fertőzését (gyümölcsszeleteket márt *E. a.* szuszpenzióba), és a vizsgált fajták közül is csak 5 közös volt. A gyümölcsök általunk kidolgozott módszerét (szűrással történt inokuláció) jobbnak tartjuk, mert a körteszeletek könnyen másodlagosan fertőződhetnek, ami megnehezíti az értékelést. Kísérletünkben is a 'Hardenpont téli vajkörte'

rezisztens, a 'Conference' és a 'Vilmos' pedig nagyon fogékony volt. Az 'Avranches-i jó Lujza' fajtát nagyon fogékonnak találták, ami a mi gyümölcsesztünkben kevésbé fertőződött. Továbbá megállapították, hogy a gyümölcsök fogékonysága nagyban eltér a gyümölcsösben tapasztalható hajtás és virágfogékonyságtól. Ezzel a megállapítással mi is egyetértünk: több fajtánál pl. 'Packham's Triumph', 'Pap körte', 'Hardenpont téli vajkörte' a laboratóriumi kísérleteink alapján a hajtások és virágok nagyon fogékonyak voltak, viszont az éretlen gyümölcsök mérsékelt rezisztenciát mutattak.

A vizsgált 3 szerv alapján a körtéfajták tűzelhalással szembeni fogékonyságának megállapítása és fogékonysági csoportba sorolása több szempontból nem könnyű feladat. Egyes években a vizsgált szerv több esetben eltérő módon fertőződött. Az adott szerv egyik évben mérsékelt rezisztenciát mutatott, később pedig nagyfokú fogékonyságot. Ezt a jelenséget mások is megfigyelték (Thibault et al., 1989; Le Lezec et al., 1998). Másrészt az egyes szervek a legtöbb fajtánál eltérő módon reagáltak az inokuláció hatására.

A vizsgált körtéfajták **hajtás, virág és éretlen gyümölcsök** fogékonyságát összesített adatok alapján a 14. táblázat mutatja. Egyes fajták szervei a tűzelhalás fertőzést követően részben hasonlóan, részben különbözően viselkedtek, ezért nehéz jól elkülöníthető fogékonysági csoportot leolvasni a dendrogramról, vagy a grafikus ábrázolásról (2. melléklet 27-28. ábra). A körtéfajták különböző szerveinek tűzelhalás fogékonyságának tendenciái megegyeztek az 'Avranches-i jó Lujza', a 'Bohusné vajkörte', a 'Clapp kedveltje', a 'Harrow Delight' fajtáknál: itt a szervek csak kis-, vagy közepes fogékonyságot mutattak. Szintén megegyeztek – de minden szerv közepesen, vagy nagyon fogékony volt – a 'Harvest Queen', a 'Magness', a 'Magyar kobak', a 'Nijisseiki', a 'Star' és a 'Vilmos' esetében. Szintén megegyező, nagyon erős fogékonyságot mutatott a 'Bosc kobak', a 'Conference', a 'Dr. Guyot Gyula', a 'Fertilia Delbard' és a 'Republica'. Több fajta esetében a különböző szervek különböző mértékben fertőződtek a tűzelhalás betegség következtében, pl. a 'Cascade', az 'Erdei vajkörte', a 'Moonglow', a 'Harrow Sweet' vagy az 'US 65062-13' fajták egyes szerveinek tűzelhalás fogékonysága kísérletünkben eltérő volt. Már korábban is említettem, hogy egyes fajtáknál ('Packham's Triumph', 'Pap körte', 'Hardenpont téli vajkörte') a hajtások és virágok erős fogékonysága mellett az éretlen gyümölcsök egyáltalán, vagy nagyon enyhén fertőződtek. A hajtás és virágok mérsékelt rezisztenciát mutató 'Kieffer' fajtánál viszont az éretlen gyümölcsök mutattak nagyfokú tűzelhalás fogékonyságot. A 'Hosui' japán körténél és hibridjénél (HP25) megfigyeltük, hogy a virágok és gyümölcsök mérsékelt rezisztenciát mutattak, míg a hajtásfertőzés eredménye alapján ezek a genotípusok a tűzelhalás fertőzésre nagyon fogékonyak voltak. A 'Nijisseiki' fajtánál hasonló tendencia volt megfigyelhető, a virágai és gyümölcsök kevésbé voltak fogékonyak, mint a hajtásai.

14. táblázat. Körtefajták hajtásainak, virágainak és éretlen gyümölcsseinek relatív tűzelhalás fogékonysága (2001-2005)

Fajta	hajtás	virág	gyümölcs
Árpával érő		EF	
Avranches jó Lujza	KF	MR	KF
Baki Bosc	EF	EF	
Bohusné vajkörte	KF	KF	KF
Bosc kobak	EF	NF	NF
Bronzovaja	EF	KF	MR
Cascade	KF	EF	MR
Clapp kedveltje	KF	KF	KF
Conference	EF	EF	NF
Dr. Guyot Gyula	NF	EF	NF
Eldorado	EF	NF	MR
Erdei vajkörte	EF	MR	NF
Ferenc vérbélű	EF		
Fertilia Delbard	EF	EF	EF
Fétel apát	EF		
Giffard vajkörte	KF	NF	KF
Hardenpont téli vajkörte	EF	EF	MR
Harrow Delight	MR	KF	KF
Harrow Sweet	MR	EF	KF
Harvest Queen	NF	NF	KF
HW 620		EF	KF
Hosui	NF	MR	MR
HP12	NF		
HP25	NF	MR	MR
Ilonka	NF/KF	KF	EF
Kieffer	MR	MR	NF
Magness	KF	NF	KF
Magyar kobak	NF/KF	NF	
Marik kedveltje	EF		KF
Moonglow	MR	EF	KF
Mosoly körte	NF	EF	KF
Nijisseiki	NF	KF	KF
NP1	EF		
NP41	NF	NF	KF
Orsolya	NF		
Packham's Triumph	EF	EF	MR
Pap körte	EF	EF	MR
Porporata	EF	EF	
Piros Vilmos		KF	EF
Red Sensation	EF		
Republika	EF		NF
Star	KF	KF	NF
Társulati esperes	EF		
Tongre	EF	NF	KF
US 65062-13	MR	EF	NF
Vilmos	NF	KF	NF

MR: mérsékelten rezisztens

KF: közepesen fogékony

NF: nagyon fogékony

EF: igen erősen fogékony

A termesztés számára ideális lenne, ha a fajta minden szerve rezisztenciát/mérsékelt rezisztenciát mutatna. Az általunk vizsgált fajták között ilyet nem találtunk. Újból hangsúlyoznám, hogy elsődleges fontosságúnak tartjuk a virágok ellenállóképességét. Mérsékelt rezisztens virágai a 'Hosui', az 'Avranchesi jó Lujza', az 'Erdei vajkörte' és a 'Kieffer' fajtáknak voltak, közepesen fogékonyak pedig a 'Bohusné vajkörte', a 'Bronzovaja', a 'Clapp kedveltje', a 'Harrow Delight', az 'Ilonka', a 'Nijisseiki', a 'Piros Vilmos', a 'Star' és a 'Vilmos' virágait találtuk.

Javítaná a fajták megítélését, ha ehhez még a hajtások megfelelő ellenállósága is párosulna. E két szerv alapján csak a '**Kieffer**' fajta mutatott mérsékelt rezisztenciát. Ez a fajta gyenge beltartalmi értékei miatt, mint génforrás szerepelhet a rezisztencia nemesítésben, ezt megerősíti a körte-levélbolha ellenállósága is (Kocsisné et al., 2005). Kiemeltük az '**Avranchesi jó Lujza**' (mérsékelt rezisztens virág, közepesen fogékony hajtás), és a '**Harrow Delight**' (mérsékelt rezisztens hajtás és közepesen fogékony virág) fajtákat is. A többi vizsgált fajtánál gyengébb tűzelhalás fogékonyasága alapján kitűnt még a '**Star**', a '**Clapp kedveltje**' és a magyar származású '**Bohusné vajkörte**', melyek a két szerv alapján csupán közepesen fogékonyak voltak a tűzelhalás fertőzésre. Felvívánk a figyelmet a '**Hosui**' japán körtefajtára is, mely hajtásai bár az előbbi fajtáknál erősebben fertőződtek, de a virágok és gyümölcsök mérsékelt rezisztenciája alapján szintén kitűnt a többi fajta közül, valamint a körte-levélbolha sem károsítja (Kocsisné et al., 2005). E fajták termesztése, alacsonyabb tűzelhalás fogékonyaságuk miatt – esetleg ökológiai termesztésben is – ajánlható.

A nagyon/igen erősen fogékony kategóriába sorolt virággal és hajtással rendelkező fajták termesztésénél fokozottabb figyelmet kell szentelni a növényvédelemnek, illetve valamennyi védekezési lehetőség együttes alkalmazását javasoljuk.

6.2. A biotikus stressz nyomon követése biokémiai markerekkel

Éretlen gyümölcsökben bekövetkező biokémiai változások

Különböző fajok gyümölcseiben a fertőzés hatására létrejövő biokémiai változásokról és ezeknek a védelemben betöltött szerepéről viszonylag kevés irodalom áll rendelkezésünkre, és körtegyümölcsökön ilyen típusú vizsgálatokat nem végeztek. Citrom héjában *Penicillium digitatum* fertőzést követően a peroxidáz enzimaktivitás a fertőzést követő 5. napon csökkent (Ballester et al., 2007). Éretlen avokádógyümölcs – rezisztens a *Colletotrichum gloeosporioides* gombafertőzésre – héjában az első biokémiai változás a szabad gyökök ($O_2^{\cdot-}$) növekedése volt. A fertőzést követő 1 órán belül a reaktív oxigén gyökök mennyisége a háromszorosára nőtt, míg a fogékony érett gyümölcsben csak sokkal kisebb mértékben nőtt

(Beno-Moualem és Prusky, 2000). *Penicillium expansum*-mal fertőzött 'Golden Delicious' almafajtában a fertőzés hatására az érettebb gyümölcsben – mely a fertőzésre fogékonyabb volt – POD aktivitás emelkedést mértek, míg az éretlenebb gyümölcsben nem (Torres et al. 2003). Miután a képződött reaktív oxigén gyökök és molekulák semlegesítésére az élő rendszereknek saját enzimatisz védelmi rendszere működik – mely nem egy, hanem több enzim összehangolt működését jelenti, – ezért az általunk vizsgált 2 enzim (peroxidáz és polifenoloxidáz) csak egy részét képezi a védelemnek.

Kísérleteinkben az **éretlen körtefajták gyümölcseiben** különböző peroxidáz aktivitást (POD) mértünk. A rezisztens 'Pap körte' fajtában mértünk a legalacsonyabb kontroll, kiinduló POD enzimaktivitást, ennél magasabb volt a fogékony 'Piros Vilmos' fajtában, és a legmagasabb aktivitás szintet a mérsékelt rezisztens 'Hosui' fajtában mértük. Ez azt jelentheti, hogy a gyümölcsben a kontroll szövetekben mért POD aktivitás szintje nem köthető a rezisztenciájuk mértékéhez. Feltételezhető, hogy inkább a fajták genetikai hátterével van korrelációban, de ehhez több fajtát kellene bevonni a vizsgálatokba.

A baktériumos fertőzésre minden fajta enzimaktivitás emelkedéssel (**peroxidáz: POD, polifenoloxidáz: PPO**) reagált, de a fertőzés hatására a fogékony és rezisztens gazdaválasz eltérő volt.

A fertőzés után 2 órával az *inokulációs pontban* (a) peroxidáz (POD) enzimaktivitás csökkenést mértünk mind a rezisztens ('Pap körte'), mind a fogékony ('Piros Vilmos') gyümölcsökben (2. melléklet 18. ábra), melyet Szarka (2008) szintén tapasztalt *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* baktériummal történő inokulálás után 1 órával a fogékony és rezisztens (Bs-2 gént tartalmazó) paprika levelekben.

A biotikus stresszre a fogékony fajta korábban reagált POD enzimaktivitás emelkedéssel, mint a rezisztens fajta, mely eredményt más kísérletben is tapasztaltak (Torres et al., 2003). A **tűzelhalásra fogékony fajtában** a fertőzést követő 24. (2005), illetve 48. órában (2003, 2004) az *inokulációs pontban* a POD enzimaktivitás megemelkedett, jelezve a stresszhatást, majd az idő múlásával (72., 168. óra), a tünetek kifejlődésével párhuzamosan az elpusztult szöveteknek tulajdonítható enzimaktivitás csökkenés volt detektálható (33. ábra). Ekkor a szabad gyökök valószínűleg olyan mennyiségben voltak jelen, hogy azt az antioxidáns védelmi rendszerével nem tudta közömbösíteni, és szövetpusztulást eredményezhetett. Az *inokulációs pont melletti szövetekben* (b) a POD enzimaktivitás emelkedés időbeni eltolódással jelentkezett (72. óra), melynek valószínűsíthető magyarázata az, hogy az inokuláció helyén kialakult betegségtünetek hatására a szomszédos, még egészséges szövetek később reagáltak. Az *inokulációs ponttól még távolabb eső szövetekben* (c) a 72. óráig alacsonyabb POD aktivitást mértünk, mint a többi szövetben, valószínűleg

stressz detektálása – enzimaktivitás emelkedéssel – egy későbbi időpontba csúszhat.

A **rezisztens fajta** az inokulációs pontban a fertőzésre később – csak a 48. (2005), illetve 72. órában (2003, 2004) – reagált POD enzimaktivitás emelkedésével, ami azt mutathatja, hogy számára kisebb stresszt jelentett a fertőzés. Másik valószínűsíthető magyarázat, hogy ebben az időpontban kevesebb szabad gyök volt jelen, ami beindította volna antioxidáns védelmét. Később, a 72. órától az inokulációs pontban a POD aktivitás növekedni kezdett, mutatva, hogy az antioxidáns rendszere védekezett a később kialakuló szabad gyökök ellen.

A **mérsékelt rezisztens 'Hosui'** japán körtefajta kontroll mintáiban mértük a legmagasabb POD aktivitást, a biotikus stresszre adott gazdaválasz pedig inkább a fogékony fajtáéhoz hasonlított, mutatva, hogy a fertőzés nagyobb stresszt jelentett számára, mint a rezisztens 'Pap körte' fajtának (33. ábra).

Több kísérletben bizonyították, hogy magasabb **PPO aktivitás szint** kórokozókkal és kártevőkkel szembeni nagyobb ellenállósággal párosul (Constabel et al., 2000; Haruta et al., 2001; Li és Steffens, 2002; Thipyapong et al., 2004), valamint szerepe lehet egyes baktériumos fertőzések kivédésében (Bashan et al., 1987; Khirbat and Jalali, 1998). Más publikációban viszont nem mutattak ki összefüggést a PPO aktivitás nagysága és különböző kávé fajok *Hemileia vastatrix* gombabetegséggel szembeni rezisztenciája között (Melo et al., 2006). Bár a PPO úgy ismert, mint sejtkárosodás esetén aktiválódó enzim, a fogékony fajtában mégsem emelkedett a szintje a 8-napos fertőzés során. A rezisztens fajta fertőzött leveleiben a PPO aktivitás az 1. nap a kontroll szintje alá csökkent, a 4. napra nőtt, onnan a 8. napig csökkent. A *Meloidogyne incognita* nematóda fertőzésre csökkent a PPO enzimaktivitás a fertőzött levelekben. Ez rámutat arra, hogy különböző gazda-parazita kapcsolatokban a fertőzés során más időpontban aktiválódhatnak az enzimek.

Kísérleteinkben a kiindulási, kontroll **polifenoloxidáz (PPO)** aktivitási érték a rezisztens fajta ('Pap körte') gyümölcsében magasabb volt, mint a fogékony fajtában ('Piros Vilmos'), jelezve, hogy a magasabb PPO aktivitáshoz magasabb betegség ellenállóság párosul, melyet más kutatók is megállapítottak (Bashan et al., 1987; Constabel et al., 2000; Haruta et al., 2001; Li és Steffens, 2002; Thipyapong et al., 2004). Viszont a fogékony 'Kieffer' fajtában a rezisztens fajtához hasonlóan magas értéket mértünk, és – a POD aktivitáshoz hasonlóan – a legmagasabb értékeket a mérsékelt rezisztens 'Hosui' japán körtefajtában tapasztaltuk. A kontroll szövetekben mérhető PPO aktivitás szint tehát véleményünk szerint inkább a fajtákban genetikailag kódolt, mint a rezisztencia egyik markere, melyet Melo és munkatársai (2006) is megállapítottak.

A kontroll PPO aktivitás értékek a 72. óráig folyamatosan növekedtek (2003, 2004).

Ez a tény ismert, hiszen a megnövekedett oxigénfogyasztás jelentős részéért ez az enzim a felelős (Goodman et al., 1991). A 168. órában a kontrollok csökkenése valószínűleg abból adódott, hogy a gyümölcsök szövetei károsodtak a tárolás során.

A tűzelhalás fertőzésre – a POD-hoz hasonlóan – néhány időpontban PPO aktivitás csökkenést figyeltünk meg: a fogékony fajta inokulációs pontjában a fertőzést követő 2. órában, a rezisztens fajtánál pedig a 48. órában mértünk a kontrollnál alacsonyabb enzimaktivitásokat (2. melléklet 22. ábra). A fertőzést követő 1. órában csökkenő PPO aktivitást – bár különböző gazda-patogén kapcsolatban (kávé- *Hemileia vastatrix*) – mások is tapasztaltak (Melo et al., 2006).

A POD aktivitás változáshoz hasonlóan a stresszre a **fogékony** fajta hamarabb reagált, az inokulációs pontban már a 48. órában mértünk PPO aktivitás emelkedést, mely a későbbi időpontban tovább növekedett. A rezisztens fajtában később – a 72. órában – nőtt a PPO aktivitás, és a fogékonyhoz képest kisebb mértékű emelkedéssel reagált a biotikus stresszre (34. ábra).

A **polifenol tartalom** alakulása szinte minden esetben információt ad a védekezéssel kapcsolatban, mivel a növény ezeket a vegyületeket a másodlagos anyagcsere folyamataiban a saját védelmi rendszerére hozza létre. Ezek a polifenolos vegyületek ismertén kiváló antioxidáns kapacitással rendelkeznek, védve a növényt a stressz hatására felszabaduló megnövekedett szabad gyökökkel szemben.

Az irodalomban több példát találhatunk arra, hogy rezisztens növényekben több **polifenolos komponens** halmozódik fel, illetve a fertőzés hatására nagyobb arányban nő a polifenol tartalom, mint a fogékony fajtában (Bashan, 1986; Venisse et al., 2001; Baysal et al., 2002; Dicko et al., 2005; Mikulič-Petkovšek et al., 2009^{a, b}).

Ezeket az állításokat saját kísérleteink is megerősítették, ahol a másodlagos anyagcsere folyamatok eredményeként kialakuló polifenolos vegyületek mennyisége magasabb volt a kontroll rezisztens ('Pap körte') éretlen körtegyümölcsökben, mint a fogékony ('Piros Vilmos') gyümölcsökben (35. ábra). Ez azt sejteti, hogy a fogékony fajta nem tudott annyi a védekezésben szerepet betöltő polifenolos vegyületet szintetizálni, míg a rezisztens fajta a nagy mennyiségben jelen levő polifenolos vegyületekkel felkészültebbé vált a fertőzésre.

A **fertőzés hatására** a rezisztens fajta inokulációs pontjában a 24. órában a polifenolos vegyületek mennyisége nőtt, ami úgy tűnik elegendő védelmet nyújtott végig a fertőzés során. A fogékony fajtában ebben az időpontban csökkenést mértünk, és a fertőzési folyamat során végig nem tudott a védelemhez elegendő polifenolos vegyületet szintetizálni.

Az éretlen gyümölcsminták **szénhidrát frakcióinak** mennyisége alapján megállapítottuk, hogy az alkalmazott vizsgálati feltételek mellett jól detektálható szénhidrátok közül (glükóz, fruktóz, szacharóz, szorbitol) a **glükóz** bizonyult a legjobb markernek, amit más gazda-patógén kapcsolatok vizsgálatának eredményeivel is alátámasztható (Szarka, 2008; Sárdi et al., 1996, 1999, 2006). Emellett a **szacharóz** változása is jól tükrözte a kórfolyamat lefolyását a fogékony és rezisztens gyümölcsben. Az *E. amylovora* baktérium mindegyik detektálható cukorfrakciót gyorsan és teljesen hasznosítja, de közülük a glükózt és a szacharózt használja fel először (Hevesi et al., 2004).

A fogékony fajta gyümölcsében a kontroll szövetek glükóz és szacharózkoncentrációja magasabb volt, mint a rezisztens gyümölcsben. A fertőzés hatására mindkét fajtában glükóz és szacharózcsökkenés történt az inokulációs pontban, de a csökkenés mértéke különböző volt. A baktérium a szénhidrátokból extracelluláris poliszacharid burkot épít fel a sejtek köré. A fogékony gyümölcsben a glükóz és a szacharóz erőteljesebben csökkent, mivel a baktérium szaporodása itt intenzívebb volt.

A fertőzés hatására a **fruktózsztintben** is csökkenést mértünk, de a fogékony és rezisztens közötti eltérés kisebb volt, mint azt a glükóznál és szacharóznál tapasztaltuk. Ezáltal a kórfolyamat lefolyásához a fruktózt kevésbé jó markernek tekintjük. Az inokulációtól távolabbi szövetekben megemelkedő cukorfrakciók mennyisége transzport folyamatra, vagy esetleg a növény stresszválaszára utal.

Levelekben és hajtásokban bekövetkező biokémiai változások

A vegetatív növényi részekben a biotikus stresszre kialakuló antioxidáns enzimek aktivitásának változásával – általában növekedésével – számos irodalomban olvashatunk. A változás mértékében és időbeni megjelenésében ezekben az irodalmakban a gazda-parazita kapcsolattól függően eltérések mutatkoznak. Több publikáció említi, hogy a fertőzött növényi részben a peroxidáz enzim növekedése már a látható tünetek megjelenése előtt elkezdődött (Keck et al., 2002; Venisse et al., 2003; Díaz-Vivancos et al., 2008; Malenčić et al., 2010; Rodríguez et al., 2010).

Első kísérletünkben rezisztens ('Kieffer') és fogékony fajta ('Packham's Triumph') hajtásában 5 napig követtük nyomon a fertőzés hatását. A kezdeti tünetek a fogékony fajtán ekkor már jelentkeztek. A kiinduló **peroxidáz enzimaktivitás (POD)** értéke az ellenálló fajtában magasabb – 2,3-szorosa – volt, mint a fogékony fajtában. A fertőzés hatására a fogékony fajta mind az első, mind az ötödik nap a stressz hatására megnövekedett POD enzimaktivitással reagált (37. ábra). Ezzel szemben az ellenálló fajtában az első napra a POD enzimaktivitás csökkent, majd később sem változott, tehát ezekben az időpontokban a

fertőzés nem okozott enzimaktivitás növekedésben kimutatható stresszválaszt. Feltételezhetően más mintavételi időpontokban lehetséges lett volna a stressz detektálása.

Ezért második kísérletünkben sűrítettük a mintavételt, a konténeres oltványok **hajtásaiban** és **leveleiben** a fertőzést követő 48 óráig mértük a biokémiai paraméterek változását, a korai gazdaválasz nyomon követése céljából. A mintákban a fertőzés helyétől kiindulva különböző korú leveleket hasonlítottunk össze. Az inokulációs pont alatti, idősebb levelekben mindkét fajtában magasabb kiindulási peroxidáz enzimaktivitást mértünk, mint a hajtáscsúcsi és az inokulációs pont feletti levelekben, melyet más kutatások is alátámasztanak (Sárdi és Stefanovits-Bányai, 2006).

Az *E. amylovora* fertőzés hatására nőtt a **peroxidáz enzimaktivitás**, de a növekedés mértéke és időbeni megjelenése a fertőzés után más-más volt a fogékony ('Packham's Triumph') és rezisztens ('Kieffer') fajtákban.

POD emelkedést először a rezisztens fajtában észleltünk, az inokulációs pont feletti levelekben (L_2): a kontroll (desztillált vizes) mintákban 1 óra után, míg a fertőzött szövetekben már fél óra után. Ez összecseng a fertőzés során tapasztaltakkal, hiszen a vizuális tünetek szintén a fertőzési ponttól felfele láthatók először. Ebből levonható az a következtetés, hogy a növény mind az abiotikus, mind a biotikus stressz hatását érzékelt, de a biotikus stresszre intenzívebb POD enzimaktivitás emelkedést adott. A fogékony fajtában ennél kisebb és azonos mértékű POD emelkedést tapasztaltunk 48 óra után, mind a kontroll, mind a fertőzött szövetekben. Mechanikai sérülésre és fertőzés hatására egyező gazdaválaszt más kutatók is közöltek (Torres et al., 2003).

A rezisztens fajta valamennyi levélemeletén (L_1 , L_2 , L_3) a POD aktivitás a 24. órában érte el a maximumát. A fogékony fajtában ennél kisebb mértékű emelkedést a 12. órában (L_3), illetve a 48. órában (L_1 , L_2) észleltünk (38. ábra). Kísérleteikben hasonló eredményre jutottak Venisse és munkatársai (2001, 2003): körtenövények levelében a tűzelhalás fertőzésre a POD a 24., illetve a 30. órában érte el a maximumát, majd a nekrosis kialakulásával párhuzamosan az aktivitás csökkenni kezdett.

Ezekkel a mérésekkel a fogékony és rezisztens fajta jól elkülöníthető volt. A rezisztens fajtában a reakció korábban és intenzívebb POD aktivitás emelkedéssel volt detektálható, azaz a rezisztens fajtában a stressz hatásra hamarabb megtörtént a kialakuló szabadgyökök eliminációja.

Az inokulációs pont körüli hajtásban a stresszre (abiotikus és biotikus) szintén először a rezisztens fajta reagált POD aktivitás emelkedéssel a 3. és 12. órában, ezzel szemben a fogékony fajtában hasonló változás a 12. és a 48. órában következett be.

A hajtásokban és levelekben mért **összes polifenoltartalom**ban is különbségek mutatkoztak: a fogékony fajtában a kezdeti, kiinduló összes polifenoltartalom minden vizsgált szövetrészben (levelekben és hajtásban) meghaladta – néha többszöröse volt – a rezisztens fajtában mért értéket (39. ábra). Ez a megállapítás ellentétben áll más kutatások eredményeivel, mely szerint a kezdeti fenoltartalom általában a rezisztensben magasabb (Bashan et al., 1987; Ryugo et al., 1990; Evrensoğlu et al., 1999; Venisse et al., 2001; Dicko et al., 2005; Loreti et al., 2008). A látszólagos ellentmondás abból is adódhatott, hogy eredményeinket mg/ml-ben adtuk meg, míg több publikációban ezt mg/g szárazanyag tartalomra vonatkoztatják. A viszonylag kevés számú növény miatt mi nem tudtuk a levelek szárazanyagtartalmát meghatározni, de nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a különböző fogékonyágú fajták leveleiben más volt a glükóz-, szacharóztartalom (40-41. ábra), és feltételezhetően a fehérjetartalom, valamint más endogén vegyületek mennyisége is. Ennek tükrében a kiinduló összes polifenoltartalom bizonyára módosulna. A vizsgált szövetek közül a legmagasabb összes polifenoltartalom a hajtáscsúcsi levelekben volt.

Az *inokuláció hatására a rezisztens fajta leveleiben* az összes polifenoltartalom a 3-6. óráig folyamatosan nőtt, ezzel ellentétben a fogékony fajtában a 3. órára erőteljesen csökkent, hasonlóan a kontroll mintákhoz. A fertőzött *hajtásban* a rezisztens fajta szintén a fogékonynál nagyobb mértékben tudta megemelni a védő fenolkomponenseinek mennyiségét. Tehát a fenolokat, mint védőanyagokat a rezisztens fajta a fertőzési folyamat során végig tudta termelni, míg a fogékony fajta erre nem volt képes.

Számos kutatás referál arról, hogy kórokozóval történő fertőzés, illetve mechanikai sérülés a növényekben a szénhidrát metabolizmus megváltozásához is vezet (Ehness et al., 1997; Roitsch, 1999). Biotikus stressz hatására több gazda-parazita kapcsolatban megfigyelték a cukor frakciók változását a levelekben, mely általában a szénhidráttartalom (főleg glükóz és fruktóz) felhalmozódásában jelentkezett (Tang et al., 1996; Chou et al., 2000). A különböző stresszhatásokra a növényben az oldható szénhidrátok felhalmozódását általánosan a stresszhelyzetekre adott válaszreakciónak tekintik (Suleman és Steiner, 1994; Roitsch, 1999; Deguchi et al., 2002).

A stresszre bekövetkező cukortartalom növekedése eltérő gazda-parazita kapcsolatokban más-más időpontban következett be: a fertőzést követő néhány órával (Joosten et al., 1990), illetve akár 4 (Rodríguez et al., 2010), vagy 5 nappal (Wright et al., 1995).

Több esetben a fertőzésre a szacharóz koncentrációja csökkent, mely a megnövekedett invertáz aktivitásból adódott (Wright et al., 1995; Herbers et al., 2000; Scharte et al., 2005; Jobic et al., 2007). Szarka (2008) kísérletében a paprika levelekben a glükóz csökkenés a

Xanthomonas campestris pv. *vesicatoria* fertőzés után már néhány perccel jelentkezett fogékony és a specifikus védekezési reakciót adó fajtákban is. Más gazda-parazita kapcsolatokban a fertőzést követő 1 és 2 nappal az összes szénhidrátartalom csökkent (Jobic et al., 2007).

Kísérletünkben a konténeres oltványok **leveleiben és hajtásában** – hasonlóan a gyümölcshöz – a fogékony fajtában magasabb kiinduló **glükózértékeket** mértünk, mint a rezisztensben.

A fertőzésre a fogékony fajta a levélben mért glükóz csökkenéssel reagált, mely már fél órával a fertőzést követően jelentkezett. A kezdeti csökkenés után – valószínűleg transzport folyamat által – a 3. órára visszaállt a kezdeti glükózsztint, mely az L₂ és az L₃-ban ismét folyamatos, a 24. óráig tartó csökkenésnek indult. A csökkenést és a készletek kimerülését egyfelől a fertőzés következtében felgyorsult anyagcsere magyarázhatja. A csökkenés másik oka, hogy a szövetekben szaporodó baktérium a glükózt az anyagcserefolyamatai céljára felhasználja. Berger és munkatársai (2004) szerint a változások a védekezés nagyobb asszimilátum igényéből-, valamint a kórokozó tápanyag elvonásából adódhatnak.

Kutatások bizonyítják, hogy fogékony éretlen körte gyümölcsben a fertőzést követő 5. órában az *E. amylovora* már tízszeresére szaporodott, mely kezdeti sejtszám 15 óra után ezerszeres volt. Ekkor a baktérium szaporodása megállt és stacioner fázisba ment át (Wodzinski, et al., 1994). Saját vizsgálatunk szerint a tünetek kifejlődésekor a fogékony fajta hajtásában mért sejtszám százszorososa volt a rezisztensben mértnek. Más gazda-patogén kapcsolatban (bab- *P. savastanoi* pv. *phaseolicola*) kimutatták, hogy a fertőzés hatására a fogékony növény leveliben a glükóz koncentráció folyamatosan csökkent (Sárdi et al., 1999). A glükóz hasonlóan változott (Sárdi et al., 2006; Szarka, 2008) – paprika *Xanthomonas* baktériummal fertőzött leveleiben –, de ezekben a kísérletekben a fogékony fajtában gyorsabb és nagyobb arányú glükózváltozást mértek. Ez a különbség a fertőzési módszerek különbségéből, valamint eltérő gazda-patogén kapcsolatból adódhat.

Ezzel ellentétben a rezisztens fajtában már az 1. órában glükóz növekedést mértünk, mely az L₃-ban a 12. óráig folytatódott. Az L₂ és L₁-ben pedig a 24. óráig a kiindulási szintet meghaladó glükóz koncentrációt mértünk. Egyéb kísérletben *Phytophthora nicotianae* fertőzést követően dohánylevelkben a glükózsztint a 12. óráig nőtt folyamatosan (Scharte et al., 2005).

A rezisztens fajtában a fertőzés során megnövekedett szénhidrát koncentráció, a védekezésben megindításához mint szignál vegyület jöhet számításba (Berger et al., 2007).

A glükózkoncentrációhoz hasonlóan minden vizsgált vegetatív szövetben a fogékony fajtában magasabb kiinduló **szacharózkoncentrációt** mértünk, mint a rezisztensben. Az

inokulációs pont feletti és alatti levelekben a mért szacharóz szint magasabb volt, mint a hajtáscsúcs leveleiben, a legkisebb koncentrációt pedig a hajtásban mértük.

A szacharózsint analizálásánál valamennyi levélemeletben markánsan elkülönült a fogékony és a rezisztens fajta gazdaválasza. A legkorábbi változás az inokulációs pont feletti levélemeletben következett be, ahol a fertőzést követő fél órával a fogékony és a rezisztens fajtában is jelentősen csökkent a szacharóz mennyisége, mely a fogékonyban nem állt vissza a kezdeti szintre, a rezisztensben viszont azt meghaladva, a 6. óráig növekedett. Általában elmondható, hogy a fogékony fajta esetében a szacharózsint csökkenése- (L_1 , L_2 , L_3), míg a rezisztensben a kiindulási szint emelkedése következett be (L_2 , L_3). A rezisztensben a 3. és a 6. órában mértük a szacharóz szint maximumát. Más gazda-parazita kapcsolatban a szacharóz mennyisége a fertőzést követő 9. óráig emelkedett folyamatosan (Scharte et al., 2005).

Mindkét cukor frakció elemzésénél megállapítottuk, hogy a hajtásokban kevesebb volt a cukor, mint a levelekben. A fertőzésre bekövetkezett fogékony/rezisztens gazdaválasz nem különült el, mivel mindegyikben emelkedést mutatott a kiinduláshoz képest. Ezért e szövetrészt nem tartjuk megfelelőnek a fajták fogékonyságának/rezisztenciájának elkülönítésére.

A kísérletből nem volt megállapítható, hogy a fajtákban a fertőzésre bekövetkező szacharózcsökkenés a növény anyagcseréjének következtében történt, vagy azt a baktérium bontotta. A stresszhatásra a fogékony és rezisztens fajták szöveteiben mért szorbitol mennyisége is a szacharózhoz hasonló tendenciával változott.

Mivel a vizsgált szervekben (éretlen gyümölcsökben, konténeres oltványok leveleiben és hajtásaiban) a fogékony fajtában minden esetben magasabb szénhidrát koncentrációt mértünk, mint a rezisztensben, ezért felvetődött bennünk, hogy a fogékonyság egy lehetséges magyarázata a szövetekben levő eleve magasabb cukormennyiség.

Mikroszaporított növényekben két évben (2005, 2006) is követtük a peroxidáz aktivitás változásának időbeni lefutását. Mindkét évben a rezisztens ('Harrow Sweet') és a kevésbé fogékony ('Bosc kobak') növények szöveteiben a kiinduló, kontroll POD enzimaktivitás magasabb volt a fogékonyhoz képest. Az első kísérletben (2005) az *inokulálás hatására* a kevésbé fogékony ('Bosc kobak') növényben a POD enzimaktivitás a fertőzési folyamat során végig (6. napig) folyamatos emelkedést mutatott, míg a nagyon fogékony növényben ('Packham's Triumph') a 2. nap után lényegesen nem változott (42. ábra). A második kísérletben is ehhez hasonló fogékony/rezisztens gazdaválasz volt megfigyelhető: a rezisztens fajta ('Harrow Sweet') a fertőzési folyamat során végig – 12 napig – egyre növekvő POD aktivitással tudott védekezni, és a kontrollhoz képest markáns növekedést (120%-os) a 6. napon mértünk. Ezzel szemben stresszre a fogékony fajta ('Pacham's

Triumph') ehhez képest korábban – már a 4. napon – lényeges (90%-os) POD aktivitás emelkedéssel reagált, mely a rezisztens válasszal ellentétben a 6. napra csökkent (43. ábra). Ehhez hasonló tendenciával találkozunk Venisse és munkatársai kísérletében (2001), ahol fogékony körtelevekben szintén *E. amylovora* fertőzést követően a POD aktivitás egy bizonyos időpontig (30. óráig) nőtt, majd onnan csökkenni kezdett. Inkompatibilis kapcsolatban, dohánylevélben (mely felfogható rezisztens fajtának is) a POD aktivitás ezzel szemben később, viszont folyamatosan kezdett emelkedni. Keck és munkatársai (2002) mikroszaporított almanövényeket fertőztek *E. amylovora*-val, és kísérletükben a fogékony fajtában ('Golden Delicious') csak a fertőzést követő 12. napon mértek markáns POD aktivitás növekedést, míg magoncoknál ez már a tünetek megjelenése előtt – az 1. napon – jelentkezett. Mi hasonló megállapításra jutottunk: a stressz detektálása a konténeres oltványok leveleiben hamarabb megtörtént.

A mikroszaporított növényben mért **összes polifenoltartalom** a peroxidáz aktivitásnál kevésbé jó markernek bizonyult a fertőzési folyamat követésére. Az inokulálás hatására a fogékony fajtában az összes polifenoltartalom – POD-hoz hasonlóan – a 4. napra szignifikánsan nőtt, majd a 12. napig csökkent. A rezisztens fajtában viszont – a 12. napon kívül – egyik időpontban sem mértünk lényeges változást a kontrollhoz képest (44. ábra).

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a 80-as évek 100 ezer tonnát meghaladó körtetermése az utóbbi években lényegesen, 30-40 ezer tonnára csökkent. Az 1996-ban jelentkező tűzelhalás okozta nagy ültetvénykivágások miatt az üzemi termőfelület 4289 ha-ról szintén jelentősen csökkent 1200 ha körüli felületre. Bár az utóbbi években a termőfelület növekedni kezdett, az országos termés még mindig nem elégíti ki a hazai lakosság fogyasztási igényeit.

A tűzelhalás elleni védekezés a mai napig nem megoldott. Mivel a lehatásosabb növényvédőszer – a sztreptomycin – használata humánegészségügyi okok miatt nem engedélyezett, ezért előtérbe kerül az alternatív és biológiai védekezési módszerek használata. A védekezés egyik költséget és környezetet kímélő lehetőségét a rezisztens fajták alkalmazásától várhatjuk. A fajták *Erwinia amylovora*-val szembeni ellenállóságáról több irodalmi adat áll rendelkezésre, de ezek az eltérő hazai viszonyok között nem mindig állják meg a helyüket. Ennek okai az eltérő ökológiai körülmények és eltérő baktériumtörzsek lehetnek.

A fentiek tükrében célul tűztük ki a körtefajták fogékonysági fokozatainak meghatározását. Mivel a baktériummal hazánkban szabadföldi kísérletek végzése nem lehetséges, ezért a fertőzéses kísérletek a Budapesti Corvinus Egyetem, Gyümölcstermő Növények Tanszékének akkreditált *Erwinia*-laboratóriumában folytak.

A fenti cél megvalósítása érdekében kidolgoztuk az inokulációs módszereket, az egyes növényi szervekre (virág, hajtás és gyümölcs) külön-külön. A fajtákat az egyes szervek fertőződésének mértéke alapján fogékonysági csoportokba soroltuk: mérsékelten rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony és igen erősen fogékony.

Megállapítottuk, hogy a **virágzat** fogékonysága, illetve ellenálló képessége az egyik legfontosabb értékmérője a fajtának, hiszen a fertőzések a virágzáskor következnek be. Tapasztalatunk alapján a fajtákat leginkább a vacok és a csészelevelek fogékonysága jellemzi, hiszen a kórokozó mélyebbre hatolásával válik lehetségessé a hajtásfertőződés. Kísérletünk alapján a 'Hosui', az 'Avranches-i jó Lujza', az 'Erdei vajkörte' és a 'Kieffer' virágai voltak mérsékelten rezisztensek a tűzelhalás fertőzést követően. Közepesen fogékonyak voltak a 'Bohusné vajkörte', a 'Bronzovaja', a 'Clapp kedveltje', a 'Harrow Delight', az 'Ilonka', a 'Nijisseiki', a 'Piros Vilmos', a 'Star' és a 'Vilmos' virágai.

A fajták fogékonyságának második legfontosabb értékmérője a hajtások fogékonysága. A **hajtásfertőzés** eredményei alapján a 'Harrow Delight', a 'Harrow Sweet', a 'Kieffer', a 'Moonglow' és az 'US 65062-13' fajták voltak mérsékelten rezisztensek a fertőzésre. Közepesen fogékonyak pedig az 'Avranches-i jó Lujza', a 'Bohusné vajkörte', a 'Cascade', a 'Clapp kedveltje', a 'Giffard vajkörte', a 'Magness' és a 'Star' fajtákat találtuk.

A vizsgált fajták nagyobbik része (71%-a) pedig nagyon, illetve igen erősen fogékony volt a tűzelhalás betegséggel szemben a hajtásfertőződés alapján, ebbe beletartoztak a főbb árufajtáink is. A mikroszaporított növények fertőzése a hajtásfertőzéssel egybevágó eredményekre vezetett, példának említhető az igen erősen fogékony 'Packham's Triumph' és a 'Tongre'.

A szakirodalomban a **gyümölcsök** fertőződésére kevés figyelmet fordítottak, de mivel a fertőzött gyümölcs a szállítással fertőzési forrássá válhat, ezért fogékonysága szintén a fajta értékmérő tulajdonságának tekinthető. A körtefajták közül a 'Bronzovaja', a 'Cascade', az 'Eldorado', a 'Hardenpont téli vajkörte', a 'Hosui', és hibridje (HP 25), a 'Packham's Triumph', a 'Pap körte', és a 'Tongre' fajtákat lehetett kiemelni, melyek éretlen gyümölcssei mérsékelten rezisztensek voltak a tűzelhalás fertőzésre. A vizsgált 35 fajtából 22 fajta gyümölcse közepesen vagy nagyon fogékony volt a fertőzésre.

A **hajtásfertőzés adatai és a virágok fogékonyságának** összesített eredményei szerint csak a '**Kieffer**' mutatott mérsékelt rezisztenciát e két szerv fogékonysága alapján. Bár ez a fajta nem rendelkezik jó beltartalmi értékekkel, génforrásként szerepelhet a rezisztencianemesítésben. Az '**Avranches-i jó Lujza**' a virágok fogékonysága alapján mérsékelten rezisztens, és a hajtásfertőzés szerint közepesen fogékony; a '**Harrow Delight**' pedig a hajtásfertőzés alapján mérsékelt rezisztens és a virágok fogékonyságának adatai szerint volt közepesen fogékony. A többi fajtánál gyengébb tűzelhalás fogékonysága alapján kitűnt még a '**Star**', a '**Clapp kedveltje**' és a magyar származású a '**Bohusné vajkörte**', melyek inokulációs kísérletünk szerint a két szerv alapján csupán közepesen voltak fogékonyak a tűzelhalás fertőzésre.

Kutatómunkám során a növényben kialakuló, védekezéssel kapcsolatos biokémiai változásokat is vizsgáltam. A stressz hatására a növényekben reaktív oxigén gyökök képeződnek, melyeket az antioxidáns enzimek, illetve fenolok és nem enzimikus védő vegyületek hatástalanítanak. Mivel az inokuláció hatására e vegyületek változásáról a szakirodalomban sok – ám eltérő – adat áll rendelkezésre, célkitűzéseim között szerepelt a fertőzött növényi részekben a fogékony és rezisztens gazdaválasz nyomon követése különböző biokémiai markerekkel. Az ezzel kapcsolatos kísérleteket a Genetika és Növény-nemesítés Tanszéken, valamint az Alkalmazott Kémia Tanszéken végeztem.

Vizsgáltuk fogékony és rezisztens éretlen gyümölcsökben, konténeres oltványok leveleiben, hajtásaiban és mikroszaporított növényekben a fertőzés hatására, az antioxidáns enzimekben, az összes polifenoltartalomban és szénhidrátfrakciókban bekövetkező változásokat.

Megállapítottuk, hogy mind a peroxidáz aktivitás, mind a polifenoloxidáz aktivitás

változása nyomon követte az *E. amylovora* fertőzés terjedését az **éretlen gyümölcsben**. A peroxidáz aktivitás változása azonban markánsabban tükrözte mind a rezisztens, mind a fogékony fajták válaszütemekét a polifenoloxidáz aktivitáshoz képest. A stresszre a fogékony fajta az inokulációs pont körüli szövetekben korábban reagált peroxidáz enzimaktivitás emelkedéssel, mint a rezisztens fajta.

Elsősorban a **glükóz**, de a **szacharóz** mennyiségének változása (csökkenése) is jól jellemezte a kórfolyamat lefolyását fogékony és rezisztens gyümölcsben. Kísérletünk jól tükrözte, hogy a fogékony fertőzött gyümölcs inokuláció körüli szöveiben a baktérium gyorsabban tudott szaporodni, ebből adódott az anyagcsere-folyamataihoz elhasznált cukorfrakciók (glükóz, szacharóz) folyamatos – a rezisztens gyümölcs szöveiben mérténél gyorsabb – csökkenése.

Az éretlen gyümölcsökben a fertőzés hatására változó **összes polifenoltartalom** szintén összefüggést mutatott fogékony/rezisztens stresszválasszal. A rezisztens fajta inokulációs pontjában a fertőzés hatására a polifenolos vegyületek mennyisége nőtt, ami úgy tűnik elegendő védelmet nyújtott a fertőzés során. A fogékony fajta viszont a fertőzési folyamat során végig nem tudott a védelemhez elegendő polifenolos vegyületet szintetizálni.

A konténeres növények **leveleiben** a fertőzésre a rezisztens fajta korábban és nagyobb peroxidáz emelkedéssel reagált, mint a fogékony fajta. A **mikroszaporított növényben** a tűzelhalás fertőzésre változó peroxidáz mennyisége szintén jó markernek bizonyult a fogékony és rezisztens gazdaválasz nyomon követésére. A hajtásokban és levelekben mért **összes polifenoltartalom** változása viszont a peroxidáz enzimnél kevésbé megfelelő paraméter volt a biotikus stressz nyomon követésére.

A konténeres oltványok **leveleiben** a stressz hatásra változó glükóz és szacharózváltozás jól jellemezte a kórfolyamatot. A fertőzés hatására eltérő tendencia volt megfigyelhető a fogékony és rezisztens fajta leveleiben: a fogékonyban glükóz és szacharóz koncentráció csökkenést, míg a rezisztensben növekedést detektáltunk. A **hajtásban** a fertőzésre bekövetkezett fogékony/rezisztens gazdaválasz nem különült el, mivel mindegyikben emelkedést mutatott a kiinduláshoz képest. Ezért e szövetrészt nem tartjuk megfelelőnek a fajták fogékonyságának/rezisztenciájának elkülönítésére.

8. SUMMARY

The more than 100 000 tons yearly pear production of Hungary of the 80-s sharply dropped back to 30-40 000 tons/year. In 1996 almost 3/4 of the total growing area of pear production (3089 ha) was cut back to ground because of serious fire blight infection. The original 4289 ha was reduced to 1200 ha. Although the area of pear has been growing somewhat in the last few years it is still not enough to supply the Hungarian market.

Effective control system against the fire blight disease so far has not been implemented. The most effective chemical is the streptomycin, which is not allowed to use because of human health reasons. Therefore, utilization of environment protective, alternative and biological control methods play an important role. The most effective way to control the fire blight could be the use of resistant cultivars.

There are many results about fire blight resistance of pear cultivars from other countries, however it must be considered that data sometimes can differ depending on different ecological circumstances and different *Erwinia amylovora* strains might occur in each country.

Therefore our most important aim is to sort the pear cultivars by their degree of resistance to blight. Field tests are not permitted, because of actual quarantine regulations in Hungary. Experiments for evaluation of susceptibility of pear cultivars to fire blight were conducted under controlled greenhouse conditions, at the laboratory of *Erwinia* at the Department of Fruit Science of Corvinus University of Budapest.

We developed different inoculation methods for each plant organs (flowers shoot and fruit). Cultivars were grouped into four categories by their susceptibility of each plant organs: moderately resistant, moderate susceptibility, susceptible and very susceptible.

We concluded that susceptibility/resistance of the **flower** is the most important measure of the cultivar, because the infections occur through the flower at the time of blooming in spring. When evaluating the cultivars, susceptibility of the receptacle and the calyx of flowers are most indicative because the flower is the gate to the infection of the shoot.

Considering our experiments, the flowers of 'Hosui', 'Bonne Luise d'Avranches', 'Flemish Beauty' and 'Kieffer' were moderately resistant. Moderately susceptible flowers proved to be 'Beurre Bohusné', 'Bronzovaja', 'Clapp's Favorite', 'Harrow Delight', 'Ilonka', 'Nijisseiki', 'Max Red Bartlett', 'Star' and 'Williams'.

The second most important indicator of cultivar-resistance is the susceptibility of shoots.

By the results of **shoot inoculation**, we found moderately resistant the cultivars: 'Harrow Delight', 'Harrow Sweet', 'Kieffer', 'Moonglow' and 'US 65062-13'. 'Bonne Luise d'Avranches', 'Beurre Bohusné', 'Cascade', 'Clapp's Favorite', 'Beurre Giffard', 'Magness' and 'Star' belong to the moderately susceptible group. We observed that most of the examined cultivars (71%) were susceptible or very susceptible, included the most important cultivars in Hungary.

Few literature data are available on susceptibility of pear fruits, but the transported fruits can be a source of infection, so this is also an important way of classifying the cultivars. Based on the data of fruit tests, 'Bronzovaja', 'Cascade', 'Eldorado', 'Beurre Hardenpont', 'Hosui', and its hibrid (HP 25), 'Packham's Triumph', 'Vicar of Winkfield', and 'Beurre Dureau' showed a moderately resistant response. Fruits of 22 cultivars were tested out of 35 cultivars and they were moderately or very susceptible to the disease.

Considering the symptoms observed on shoots and flowers, only 'Kieffer' showed moderate resistance. This cultivar is not primarily for fresh consumption, but still it can be used as gene source for resistance breeding. The 'Bonne Luise d'Avranches' had moderately resistant flowers and moderately susceptible shoot, and the 'Harrow Delight' had moderately resistant shoots and moderately susceptible flowers. We could mark other three cultivars, '**Star**', 'Clapp's Favorite' and 'Beurre Bohusné' – with Hungarian origin –, which displayed only moderate susceptibility based on shoot and flower's infection.

In my recent study, the biochemical changes connected to defense mechanism was also examined. Plants mobilize antioxidative defense mechanisms (stress-enzymes, phenols and other non enzymatic defense components), in order to eliminate the effect of free radicals, the causal agents of most stresses. In the literature there are several but different data about the changes of these components in connection with disease development. For this reason another aim of my work was to monitor the susceptible/resistant host response in infected plant organs by different molecular markers. These experiments were conducted at the Department of Plant Breeding and Genetics and at the Department of Applied Chemistry.

We studied the changes of antioxidative enzymes, polyphenol- and carbohydrate content in susceptible and resistant unripe pear fruits shoots and leaves of grafted trees and micropropagated plants after infection.

We concluded that changes of both peroxidase and polyphenoloxidase enzyme activities showed well the spread of infection of *E. amylovora* in tissue of unripe fruit, but the change of peroxidase activity was a better marker to follow the susceptible/resistant host response. The susceptible cultivar reacted faster with an increase in peroxidase enzyme activity at the tissues of inoculation to bacterial infection.

First of all the changes (decrease) of glucose but also of the sucrose content characterized well the disease process in the tissue of susceptible/resistant fruit. Our experiment showed that in the fruit tissues of the susceptible cultivar the glucose and sucrose content dropped faster – what the bacterium used for the metabolic process – than in the resistant one.

In the unripe fruit the polyphenol content also showed significant correspondence with the stress response. In the resistant cultivar the amount of polyphenols raised around the inoculation point, which seemed to be enough protection during the disease process. However, the susceptible cultivar did not synthesize enough polyphenols for its protections.

In case of grafted trees resistant cultivars comparing to susceptible ones responded with faster and higher increase of peroxidase activity in their leaves. In the micropropagated plants the changing peroxidase activity also proved to be a good marker for detection of susceptible/resistant host response. In the shoots and the leaves the change of the total polyphenol content didn't proved to be such a good marker as the peroxidase enzyme.

In the leaves of the grafted plants the changing of glucose and sucrose content after the infection showed well the process. Different trend were shown in the leaves of the resistant cultivars than in the susceptible ones: in the susceptible cultivars the glucose and sucrose content dropped while in the resistant ones the content raised. In the shoots the stress response didn't show significant difference between the resistant and the susceptible cultivars. Therefore this tissue we didn't consider to be good marker to divide the susceptibility/resistance of the cultivars.

MELLÉKLETEK

M1 IRODALOMJEGYZÉK

- Addy, S.K., Goodman, R.N. 1974. Phenols in relation to pathogenesis induced by avirulent and virulent strains of *Erwinia amylovora*. Acta Phytopath Hung, 9: 227-86.
- Afunian, M.R., Goodwin, P.H., Hunter, D.M. 2006. Search for molecular markers linked to fire blight resistance in pear (*Pyrus communis*). Acta Hort, 704: 557-563.
- Al-Arabi, K.F. 2002. Novel antagonistic bacteria as prospective agents for the biocontrol of some plant bacterial diseases. Doktori disszertáció
- Andreies, N. 2002. Achievements and perspectives in pear breeding at the Fruit Research Station Voinesti, Romania. Acta Hort, 596: 261-264.
- Andreotti, C., Costa, G., Treutter, D. 2006. Composition of phenolic compounds in pear leaves as affected by genetics, ontogenesis and the environment. Sci Hortic, 109(2): 130-137.
- Arias, M.C., Luna, C., Rodriguez, M., Lenardon, S., Taleisik, E. 2005. Sunflower chlorotic mottle virus in compatible interactions with sunflower: ROS generation and antioxidant response. Eur J Plant Pathol, 113(3): 223-232.
- Asada, K. 1992. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. Physiol Plant, 85: 235-241.
- Atkinson, M.M., Keppler, L.D., Orlandi, E.W., Baker, C.J., Mischke, C.F. 1990. Involvement of plasma membrane calcium influx in bacterial induction of K⁺ H⁺ exchange and hypersensitive responses in tobacco. Plant Physiol, 92: 215-221.
- Ballester, A.R., Lafuente, M.R., González-Candelas, L. 2007. Spatial study of antioxidant enzymes, peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase in the citrus fruit–*Penicillium digitatum* interaction. Plant Physiol Biochem, 45: 480-489. pp.
- Bashan, Y. 1986. Phenols in cotton seedlings resistant and susceptible to *Alternaria macrospora*. J Phytopathol, 116: 1–10.
- Bashan, Y., Okon, Y., Henis, Y. 1987. Peroxidase, polyphenoloxidase, and phenols in relation to resistance against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in tomato plants. Can. J. Bot, 65: 366–372. pp.
- Baysal, Ö., Laux, P., Zeller, W. 2002. Further studies on the induced resistance (IR) effect of plant extract from *Hedera helix* against fire blight (*Erwinia amylovora*). Acta Hort, 590: 273-277.
- Baker, C.J., Orlandi, E.W. 1995. Active oxygen in plant pathogenesis. Annu Rev Phytopathol, 33: 299-321.
- Bell, R.L., van der Zwet, T., Blake, R.C., Chandler, C.K., Scheerens, A. 1996. ‘Potomac’ pear. HortScience, 31(5): 884-886.
- Bell, R.L., van der Zwet, T., Blake, R.C. 2002. ‘Blake’s Pride’ pear. HortScience, 37: 711-713.
- Bellini, E., Sansavini, S., Lugli, S., Nin, S., Rivalta, L. 2000. Obiettivi innovatori del miglioramento genetico del pero del mondo. Frutticoltura, 9(62): 56-69.
- Beno-Moualem, D., Prusky, D. 2000. Early events during quiescent infection development by *Colletotrichum gloeosporioides* in unripe avocado fruits. Phytopathol, 90: 553–559.
- Bergamaschi, M., Rivalta, L., Sirri, S., Biondi, E., Ramilli, F., Bazzi, C. 2006. Reactivity of fire blight of new promising pear selections. Acta Hort, 704: 571-576. p.
- Berger, S., Papadopoulos, M., Schreiber, U., Kaiser, W., Roitsch, T. 2004. Complex regulation of gene expression, photosynthesis and sugar levels by pathogen infection of tomato. Physiol Plant, 122: 419-428.
- Berger, S., Sinha, A.K., Roitsch, T. 2007. Plant physiology meet phytopathology: plant primary metabolism and plant pathogen interactions. J Exp Bot, 58 (15-16): 4019-4026.
- Bertrand, P. F., Gottwald, T. R. 1978. Evaluating Fungicides for pear disease Control in: Zehr E. I. (Ed.) Methods for Evaluating Plant Fungicides, Nematicides and Bactericides. St. Paul Minnesota. 179-181.
- Bonn, W.G., van der Zwet, T. 2000. Distribution and economic importance of fire blight. In: Vanneste, J.V (szerk). Fire blight. The disease and its causative agent, *Erwinia amylovora*. CABI Publishing, 36-52.
- Borókay, R., Sárdi, É. 1999. Endogenous carbohydrates are good indicators of drought tolerance. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Közleményei. Publ. Univ. Horticulturae and Food Industry. Vol. LVIII. 63-68.

- Böddi, B. 2002. Direkt végoxidázok. In: Láng, F. (szerk). Növényélettan I-II. ELTE, Eötvös Kiadó, Budapest, 327-335.
- Böszörményi, E., Érsek, T., Fodor, A., Földes, L.Sz., Hevesi, M., Hogan, J.S., Katona, Z., Klein, M.G., Kormány, A., Pekár, Sz., Szentirmai, A., Sztaricskai, F., Taylor, R.A.J. 2009. Isolation and activity of *Xerorabdis* antimicrobial compounds against the plant pathogens *Erwinia amylovora* and *Phytophthora nicotianae*. J Appl Microbiol, 107: 746-759.
- Brisset, M.N., Cesbron, S., Thomson, S.V., Paulin, J.P. 2000. Acibenzolar-S-methyl induces the accumulation of defense-related enzymes in apple and protects from fire blight. Eur J Plant Pathol, 106 (6): 529-536.
- Bubán, T. 2004. A 10. Nemzetközi Tűzelhalás Munkaértekezlet tapasztalatai. Növényvédelem, 40(12): 619-632.
- Bubán, T., Beszedá, E., Dorgai, L., Földes, L., Hudák, I., Dobránszky, J., Hevesi, M. 2006. *Erwinia amylovora* infection of flowers and shoots in apple trees treated with Prohexadione-Ca. Acta Hort, 704: 271-276.
- Cadenas, E. 1989. Biochemistry of oxygen toxicity. Annu Rev Biochem, 58: 79-110.
- Chevreaux, E., Malnoy, M., Boccara, M. 2006. Constitutive expression of *Erwinia amylovora* hrpN in transgenic pears reduces fire blight susceptibility. Acta Hort, 704: 535-539.
- Chou, H.M., Bundock, N., Rolfe, S.A., Scholes, J.D. 2000. Infection of *Arabidopsis thaliana* leaves with *Albugo candida* (white blister rust) causes a reprogramming of host metabolism. Mol Plant Pathol, 1: 99-113.
- Clough, S.J., Fengler, K.A., Yi-I-Ching, Lippok, B., Smith, R.K., Bent, A.F. 2000. The *Arabidopsis* *dbd1* „defense no death” gene encodes a mutated cyclic nucleotide-gated ion channel. PNAS, 97: 9323-9328.
- Constabel, C.P., Yip, L., Patton, J.J., Christopher, E. 2000. Polyphenol oxidase from hybrid poplar. Cloning and expression in response to wounding and herbivory. Plant Physiol, 124: 285-295.
- Couée, I., Sulmos, C., Gousbet, G., El Armani, A. 2006. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. J Exp Bot, 57(3): 449-459.
- Csete S., Garai A., Zsolnai G. 2004. Helyzetkép a tűzelhalásról 2004 tavaszán Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. Gyakorlati Agroforum, 15(3): 68-69.
- Dangl, J.L., Dietrich, R.A., Richberg, M.H. 1996. Death don't have no mercy: Cell death program in plant microbe interactions. Plant Cell, 8: 1793-1807.
- Deckers, T. 2007. Status of pear industry in Europe. 10th International Pear Symposium, 22-26 May, Portugal, Programme and Abstracts, 17.
- Deguchi, M.; Watanabe, M. és Kanayama, Y. 2002. Increase in sorbitol biosynthesis in stressed Japanese pear leaves. Acta Hort, 587: 511-517.
- Denisov, E., Khudykov, I. 1987. Mechanism of action and reactivities of free-radicals of inhibitors. Chem Rev, 87: 1313-1357.
- Dénes Z. 2007. Újra itt a tűzelhalás. <http://mno.hu/portal/415108>, 2007. június 9.
- Díaz-Vivancos, D., Clemente-Moreno, M.J., Rubio, M., Olmos, E., García, J.A., Martínez-Gómez, P.A. 2008. Alteration in the chloroplastic metabolism leads to ROS accumulation in pea plants in response to plum pox virus. J Exp Bot, 59: 2147-2160.
- Dicko, M.H., Gruppen, H., Barro, C., Traore, A.S., van Berkel, W.J.H., Voragen, A.G.J. 2005. Impact of phenolic compounds and related enzymes in sorghum varieties for resistance and susceptibility to biotic and abiotic stresses. J Chem Ecol, 31 (11): 2671-2688.
- Djebali, N. Mhadhbi, H., Jacquet, C., Huguet, T., Aouani, M.E. 2007. Involvement of hydrogen peroxide, peroxidase and superoxide dismutase in response of *Medicago truncatula* lines differing in susceptibility to *Phoma medicaginis* infection. J Phytopathol, 155 (10): 633-640.
- Dondini, L., Gaiotti, F., Pierantoni, L., Bazzi, C. 2006. QTLs related to fire blight resistance in pear. Acta Hort, 704: 567-570.
- Dreo, T., Zupancic, M., Demsar, T., Ravnikar, M. 2006. First outbreak of fire blight in Slovenia. Acta Hort, 704: 37-41.
- Duffy, B., Patocchi, A., Dandekar, M., 2008. S6PDH-altered transgenic apples demonstrate a lack of sorbitol shoot content influence on fire blight. Acta Hort, 573: 279-283.
- Edgecomb, D.W., Manker, D. 2006. *Bacillus subtilis* strain QST 713, bacterial disease control in fruit, vegetable and ornamental production. Proceedings of the 1st International symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases, 408: 167-169.

- Elkins, R.B., Ingels, C.A., Lindow, S.E. 2005. Control of fire blight by *Pseudomonas fluorescens* A506 introduced into unopened pear flowers. *Acta Hort*, 671:585-594.
- Elstner, E.F. 1982. Oxygen activation and oxygen toxicity. *Annu Rev Plant Physiol*, 33. 73-96.
- El Zahaby, H.M., Hafez, Y.M., Király, Z. 2004. Effect of reactive oxygen species on plant pathogen *in planta* and on disease symptoms. *Acta Phytopathol Entomol Hung*, 39: 325-345.
- Ehness, R., Ecker, M., Godt, D.M., Roitsch, T. 1997. Glucose and stress independently regulate source and sink metabolism and defense mechanisms via signal transduction pathways involving protein phosphorylation. *Plant Cell*, 9: 1825-1841.
- Engström, K., Strömberg, A. 1996. Changes in sugar content during induction of systemic acquired resistance to late blight caused by *Pseudomonas infestans* (Mont.) de Bary in potato. *J Phytopathol*, 144: 33-36.
- Ertl, C., Mögel, G., Kunz, S., Donat, C., Danner, H. 2007. From the laboratory to the market – The success story of Blossom Protect. 11th International workshop on Fire Blight. Portland, Oregon, 12-17 August, 2007, Abstracts: 79.
- Evrensoğlu, Y., Misirli, A., Gülcan, R. 1999. Determination of phenolic compounds in pear cultivars resistant and susceptible to *Erwinia amylovora*. *Acta Hort*, 489: 327-329.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation) (2009): FAOSTAT <http://www.faostat.fao.org/faostat>
- Fischer, M., Mildenerberger, G. 2002. New Naumburg/Pillnitz pear breeding results. *Acta Hort*, 596: 225-232.
- FruitVeb 2007. A zöldség és gyümölcs ágazat helyzete Magyarországon. Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet, Budapest, 8-20.
- FruitVeb 2009. A zöldség és gyümölcs ágazat helyzete Magyarországon. Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet, Budapest, 5-24.
- Gemma, H. 2007. Recent situation of pear industry in Asia. 10th International Pear Symposium, 22-26 May, Portugal, Programme and Abstracts, 15.
- Goodman R.N., Király Z., Wood K.R. 1991. A beteg növény biokémiája és élettana. Akadémiai kiadó, Budapest, 828 p. 154.p.
- Göndör Jné. 2000. A körtetermesztés nemzetközi és hazai helyzete. In Göndör Jné. Körte. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 11-21.
- Göndör, M., Honty, K., Pedryc, A., Hajdrik, I., Stefanovits-Bányai, É. 2004. Biochemical changes in pear (*Pyrus communis* L.) depending on different phases of the dormancy. *Int J Hort Sci*, 10(3): 47-50.
- Graskova, I.A., Vladimirova, S.V., Rikhvanov, E.G. 2001. The mechanism of peroxidase activation in bacterial pathogenesis is different in the cells of potato cultivars resistans and nonresistant to the pathogen. *Doklady Biological Sciences*, 379: 347-349.
- Greger, M., Bertel, G. 1992. Effects of Ca²⁺ and Cd²⁺ on the carbohydrate Metabolism in sugar beet (*Beta vulgaris*). *J Exp Bot*, 43. 167-173.
- Gross, G.G., Janse, C., Elstner E.F. 1977. Involvement of malate, monophenols, and the superoxid radical in hydrogen peroxide formation by isolated cell wall from horseradish (*Armoracia lapathifolia* Gilib.). *Planta*, (136): 271-276.
- Haruta, M., Pederson, J.A., Constabel, C.P. 2001. Polyphenol oxidase and herbivore defense in trembling aspen (*Populus tremuloides*): cDNA cloning, expression, and potential substrates. *Physiol Plant*, 112: 552-558.
- Hassanzadeh, N. 2006. An attempt to increase to efficacy of copper compounds emended with essential oils against fire blight. *Acta Hort*, 704: 265-269.
- Havlickova, H., Cvikrova, M., Eder, J., Hrubcova, M. 1998. Alterations in the levels of phenolics and peroxidase activities induced by *Rhopalosiphum padi* (L) in two winter wheat cultivars. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-Journal of Plant diseases and protection*, 105 (2): 140-148.
- Herbers, K.; Takahata, Y., Melzer, M., Mock, H.P., Hajirezaei, M., Sonnewald, U. 2000. Regulation of carbohydrate partitioning during the interaction of potato virus Y with tobacco. *Mol Plant Pathol*, 1: 51-59.
- Hevesi M. 1996. Az *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. hazai megjelenése almán. *Növényvédelem*. 32 (5): 225-228.
- Hevesi, M., Papp, J., Jámor-Benczúr, E., Kaszáné Csizmár, K., Pozsgai, I., Gazdag, Gy., Balla, I. 2000. Testind the virulence of some Hungarian *Erwinia amylovora* strains on in vitro cultured apple

- rootstocks. *Int J Hort Sci*, 6 (4): 52-55.
- Hevesi, M., Farkas, Á., Kása, K., Orosz-Kovács, Zs. 2004. Carbohydrate utilization of *Erwinia amylovora* *in vitro*. *Int J Hort Science*, 10: (2): 31-34.
- Hevesi, M., Al-Arabi, K., Göndör, M., Papp, J., Honty, K., Kása, K., Tóth, M. 2006^a. Development of eco-friendly strategies for the control of fire blight in Hungary. *Acta Hort*, 704: 345-348.
- Hevesi, M. Bója, N., Bánáthy, R., Babulka, P., Tóth, M. 2006^b. *In vitro* inhibition of growth of *Erwinia amylovora* by plant oils. Proceedings of the 1st International symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases: 408: 262-264.
- Hevesi, M., Hudák, I., Dorgai, L., Szentkirályi, A., Bubán, T. 2006^c. *Pantoea agglomerans* HIP32: a new bacterial antagonist to *Erwinia amylovora*. *Phytopathol Pol*, 39:79-85.
- Hevesi M., Al-Arabi K., Tóth M., Palkovics L. 2006^d. *Pantoea agglomerans* is effective against different plant bacterial diseases. p. 126-128. in: Stich K. et al.: Pome Fruit Health Research in Europe. Current Status 2006. Proceedings of the combined Working Groups 1-4 and Executive Committee Meeting of Cost Action 864: 20-21.
- Hevesi M., Végh A., Tóth M. 2009. A tüzelhalás múltja és jelene. *Agrofórum Extra*, 28: 90-91.
- Honty, K., Sárdi, É., Stefanovits-Bányai, É., Tóth, M. 2008. Frost induced changes in enzyme activities and carbohydrate content in the spurs of some pear cultivars during the dormancy, *Int J Hort Sci*, 14(1-2): 41-44.
- Horsfall, J.G., Barratt, R.W. 1945. An improved grading system for measuring plant diseases. *Phytopathol*, 35: 655.
- Hunga, Y.C., Savab, M.V., Makanc, S.Y., Chenb, T.H.J., Hongb, M.Y., Huangb, G.S. 2002. Antioxidant activity of melanins derived from tea: comparison between different oxidative states. *Food Chem*, 78: 233-240.
- Hunter, D.M., Slingerland, K.C. 2008. Evaluation five pear cultivars for commercial pear production in Canada. *Acta Hort*, 800: 541-546.
- http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/disease_descriptions/fire_blight_disease_cycle.htm
- Jang, I.C., Park, S.Y., Kim, K.Y., Kwon, J.G., Kwak, S.S. 2004. Differential expression of 10 sweetpotato peroxidase genes in response to bacterial pathogen, *Pectobacterium chrysanthemi*. *Plant Physiol Biochem*, 42 (5): 451-455.
- Jen, J.J., Kahler, K.R. 1974. Characterization of polyphenol oxidase in peaches grown in the southeast. *HortSci*, 9:590.
- Jobic, C., Boisson, A.M., Gout, E., Rasclé, C., Fèvre, M., Cotton, P., Bligny, R. 2007. Metabolic processes and carbon nutrient exchanges between host and pathogen sustain the disease development during sunflower infection by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Planta*, 226: 251-265.
- Johnson, K.B., Stockwell, V.O. 1998. Management of Fire Blight: A Case Study in Microbial Ecology. *Ann Rev Phytopathol*, 36:227-48.
- Joosten, M.H.A.J., Hendrickx, L.J.M., De Witt, P.J.G.M. 1990. Carbohydrate composition of apoplastic fluids isolated from tomato leaves inoculated with virulent and avirulent races of *Cladosporium fulvum* (syn *Fulvia fulva*). *Neth J Plant Pathol*, 96: 103-112.
- Keck, M., Chartier, R., Zislavsky, W., Paulin, J.P. 1990. Sensitivity of *Erwinia amylovora* to high temperatures – possible use of heat treatment for plant propagation material. *Acta Hort*, 273: 259-266.
- Keck, M., Zislavsky, W., Chartier, R., Lecomte, P., Paulin, S.P. 1993. Use of heat treatment to free propagation plant material from contamination of *Erwinia amylovora*. *Acta Hort*, 338: 311-316.
- Keck, M., Chartier, R., Lecomte, P., Reich, H. 1997. First characterization of *Erwinia amylovora* isolates from Austria and fire blight susceptibility of some genotypes from Central Europe. *J Plant Disease Prot*, 104: 17-22.
- Keck, M., Hevesi, M., Ruppitsch, W., Ströger, A., Richter, S. 2002. Spread of fire blight in Austria and Hungary – variability of *Erwinia amylovora* strains. *Plant Prot Sci*, 38:49-55.
- Keck, M., Richter, S., Suarez, B., Kopper, E., Jungwirth, E. 2002. Activity of peroxidases in plant material infected with *Erwinia amylovora*. *Acta Hort*, 590: 343-350.
- Kerepesi, I., Galiba, G., Stefanovits-Bányai, É. 1998. Osmotic and salt stresses induced differential alteration in water-soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *J Agr Food Chem*, 46(12): 5355-5361.
- Kerepesi, I., Stefanovits-Bányai, É., Kispál, J., Sárdi, É. 2001. Influence of Ti(IV)-ascorbate on soluble carbohydrate content in wheat seedlings under cadmium. *Acta Agronomica Hungarica*, 49(4): 311-

- Kerepesi, I., Stefanovits-Bányai, É., Galiba, G. 2004. Cold acclimation and abscisic acid induced alteration in carbohydrate content in calli of wheat genotypes differing in frost tolerance. *J Plant Physiol*, 161(1): 131-133.
- Király L., Barna B., Király Z. 2007. A növényi rezisztencia formái és mechanizmusai új megvilágításban. *Növénytermelés*, 56: 65-81.
- Király Z., Barna B. 2007. A reaktív oxigénfajták és antioxidánsok szerepe a rezisztenciában. In: Gáborjányi R., Király Z. (szerk) *Molekuláris növénykórtan*. Agroinform, 313-317.
- Király Zs. 2001. Körtefajták *Erwinia amylovora* baktériummal szembeni fogékonysága. Budapest. Diplomamunka. 67. p.
- Khirbat, S.H., Jalali, B.L. 1998. Polyphenoloxidase and bound phenol content in the leaves of chickpea (*Cicer arietinum* L.) after inoculation with *Ascochyta rabiei*. *Legume Res*, 21: 198-200.
- Klement, Z. 1974. Apoplexy of apricots. III. Relationship of winter frost and bacterial cancer and dieback of apricots. *Acta Phytopathologica Acad. Sci. Hungarica*, 9: 35-43.
- Klement, Z. 2007. A baktérium fertőzés lefolyása a rezisztens és fogékony növényben. In: Gáborjányi R., Király Z. (szerk) *Molekuláris növénykórtan*. Agroinform, 151-158.
- Kocsisné, M. G., Szabó, T., Nyéki, J., Holb, I. (2005): Körte – levélbolha károsításának vizsgálata fajtagyűjteményekben. *Kertgazdaság*, 37(4): 37-43.
- Korba, J., Sillerova, S. 2010. First occurrence of fire blight infection on apricot (*Prunus armeniaca*) in the Czech Republic. 12th International Workshop on Fire Blight. 16-20 August, 2010. Warsaw. Abstracts: 107.
- Lamb, C., Dixon, R.A. 1997. The oxidative burst in plant disease resistance. *Ann Rev Plant Physiol*, 48: 251-275.
- László Gy. 2009. Az almatermésűek tüzelhalása (*Erwinia amylovora*) elleni új védekezési lehetőség Magyarországon. *Növényvédelem*, 44(3): 179-149.
- Leahy, K., Greene, D.W., Autio, W.R., Norelli, J.L. 2006. Potato leafhoppers, fire blight and Prohexadione-Ca: a look at their interaction under field conditions. *Acta Hort*, 704: 249-251. p.
- Le Lezec, M., Belouin, A. 1991. Le variété di pero coltivate in Francia e la loro resistenza al „fuoco batterico”. *Rivista di Frutticoltura*, 11:35-42.
- Le Lezec, M., Thibault, B., Balavoine, P., Paoulin, J.P. 1995. Sensibilité varietale du pommier et du poirier au feu bacterien. *Phytoma*, 365: 37-43.
- Le Lezec, M., Lecomte, P., Laurens, F., Michelesi, J.C. 1997. Sensibilité varietale au feu bacterien (2e partie). *L'Arboiculture Fruitiere*, 504: 33-37.
- Le Lezec, M., Laurens, F., Michelesi, J. 1998. Suscettibilità varietale del melo e del pero al „colpo di fuoco batterico”. *Rivista di Frutticoltura*, 98(3): 9-14.
- Li, L., Steffens, J.C. 2002. Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic tomato plants results in enhanced bacterial disease resistance. *Planta*, 215: 239-247.
- Lindow, S.E., McGourty, G., Elkins, R. 1996. Interactions of antibiotics with *Pseudomonas fluorescens* strain A506 in the control of fire blight and frost injury to pear. *Phytopathol*, 86(8): 841-848.
- Loreti, E., De Bellis, L., Alpi, A., Perata, P. 2001. Why and how do plant cells sense sugars? *Ann Bot*, 88: 803-812.
- Loreti, S., Bosco, A., Gallelli, A., Damiano, C., Tonelli, M., Caboni, E. 2008. Factors affecting *in vitro* evaluation of resistance to *Erwinia amylovora* in pear genotypes. *Acta Hort*, 800: 885-890.
- Lovrekovich, L., Lovrekovich, H., Stahmann, M.A. 1968. The importance of peroxidase in the wildfire disease. *Phytopathol*, 61: 518-522.
- Lugasi A. 2004. Gyümölcs- és zöldséglevelek polifenol-tartalma és *in vitro* antioxidáns tulajdonságai. *Alkoholmentes italok*, 1. 8-12.
- Malenčić, I., Kiproviski, B., Popović, M., Prvulović, D., Miladinović, J., Djordjević, V. 2010. Changes in antioxidant systems in soybean as affected by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Plant Physiol Biochem*, 48 (10-11): 903-908.
- Melo, M., Shimizu, S., Mazzafera, P. 2006. Polyphenoloxidase activity in coffee leaves and its role in resistance against the coffee leaf miner and coffee leaf rust. *Phytochemistry*, 67: 277-285.
- Merő F. 2004. Helyzetkép a tüzelhalásról 2004 tavaszán Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. *Gyakorlati Agrofórum*, 15 (3): 70-71.
- Mielke, E.A. 2007. Status of pear industry in North America, 10th International Pear Symposium, 22-26 May, Portugal. Abstracts, 16.

- Mikulič-Petkovšek, M., Štampar, F., Veberič, R. 2009^a. Accumulation of phenolic compounds in apple in response to infection by the scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Physiol Mol Plant Pathol*, 74 (1): 60-67.
- Mikulič-Petkovšek, M., Štampar, F., Veberič, R. 2009^b. Seasonal changes in phenolic compounds in the leaves of scab-resistant and susceptible apple cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 89 (4): 745-753.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., Van Breusegem, F. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in plant science*, 9:490-498.
- Mohan, S.K. 2007. Natural infection of shoot blight in Pluot® caused by *Erwinia amylovora*. 11th International workshop on Fire Blight. Portland, Oregon, 1217 August, 2007, Abstracts: 64.
- Morkunas, Marczak, L., Stachowiak, J., Stobiecki, M. 2005. Sucrose-induced lupine defense against *Fusarium oxysporum* - Sucrose-stimulated accumulation of isoflavonoids as a defense response of lupine to *Fusarium oxysporum*. *Plant Physiol Biochem*, 43 (4): 363-373.
- Musacchi, S., Ancarani, V., Gamberini, A., Giatti, B., Sansavini, S. 2005. Progress in pear breeding at the University of Bologna. *Acta Hort*, 671: 191-194. p.
- Németh J. 1997. Az almatermésűek baktériumos hajtásszáradása és elhalása (tűzelhalás). Kórokozó: *Erwinia amylovora*. Alapvető ismeretek a betegségről és az ellene való védekezés lehetőségéről: Szakmai információs anyag. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft.
- Németh, J. 1999. Occurrence and spread of fire blight (*Erwinia amylovora*) in Hungary (1996-1998), management of the disease. *Acta Hort*, 489: 177-185.
- Norelli, J.L., Miller, S.S. 2006. Using prohexadione-calcium to control fire blight in young apple trees. *Acta Hort*, 704: 217-223.
- Norelli, J.L., Aldwinckle, H.S. 2000. Transgenic varieties and rootstocks resistant to fire blight. In: Vanneste, J.V. (szerk). Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, *Erwinia amylovora*. CABI Publishing, 275-292.
- Özaktan, H., Bora, T. 2006. Studies on biological control of fire blight with some antagonistic bacteria. *Acta Hort*, 704: 337-339.
- Palmer, J.W., Grills, A. 2007. 10th International Pear Symposium, 22-26 May, Portugal, Programme and Abstracts, 15.
- Pandhair, V., Sekhon, B.S. 2006. Reactive oxygen species and antioxidants in plants: An overview. *J Plant Biochem Biotech*, 15(2): 71-78.
- Papstein, F., Kosina, J., Korba, Sillerová, J. 2006. Evaluation of resistance to fire blight in Czech pear cultivars. *Acta Hort*, 704: 577-581.
- Paulin, J.P., Keck, M., Chartier, R., Zislavsky, W. 1990. Versuche zur Beurteilung der Feuerbrandanfälligkeit von Kernobstsorten nagy Infektion unreifer Früchte. *Pflanzenschutzberichte*, 51(2): 91-98.
- Pálfi K., Vendrei Zs., Csete S., Simon Z., Sótónyi J., Lőrinczné Izsáki G. 2000. Az almatermésűek tűzelhalás betegsége (*Erwinia amylovora*) Magyarországon, 2000-ben. Integrált termesztés a kertes és szántóföldi kultúrákban. XXI, 12-17.
- Pereira, L.F., Goodwin, P.H., Erickson, L. 2000. Peroxidase activity during susceptible and resistant interactions between cassava (*Manihot esculenta*) and *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* and *Xanthomonas cassavae*. *J. Phytopathol*, 148: 575-577.
- Pontias, I., Paulin, J.P., Briset, M.N., Treutter, D. 2008. Are phenolic compound involved in differential responses of apple genotypes to *Erwinia amylovora*? *Acta Hort*, 793: 247-248.
- Prognosfruit 2007. Apple and pears, 31st Conference on 2-4 August, Lithuania. 35-50.
- Prognosfruit 2009. Maastricht (Netherlands) 5-6 August.
(<http://www.myfruit.it/it/canali/downloads/filiera-commerciale-ortofrutta.html>)
- Pusey, P.L., Smith, T.J. 2008. Relation of apple flower age to infection of hypanthium by *Erwinia amylovora*. *Plant Disease*, 92(1): 137-142.
- Radwan, D.E.M., Fayed, K.A., Mahmoud S.J. 2007. Physiological and metabolic changes of *Cucurbita pepo* leaves in response to zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) infection and salicylic acid treatments. *Plant Physiol Biochem*, 45 (6-7): 480-489.
- Reighard, G.L., Ouellette, D.R., Brock, K.H. 2002. Field performance of fire blight tolerant, *Pyrus communis* selections in south Carolina. *Acta Hort*, 671: 213-216.
- Rice-Evans, C., Miller, N.J., Pagange, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.*, 2. 4. 152-159.
- Rodoni, B., Kinsella, M., Gardner, R., Merriman, P., Gillings, M., Geider, K. 1999. Detection of *Erwinia*

- amylovora*, the causal agent of fire blight, in the Royal Botanic Gardens, Melbourne, Australia. *Acta Hort*, 489: 169-170.
- Rodríguez, M., Taleisnik, E., Lenardon, S., Lascano, R. 2010. Are Sunflower chlorotic mottle virus infection symptoms modulated by early increases in leaf sugar concentration? *J Plant Physiol*, 167 (14-15): 1137-1144.
- Roitsch, T. 1999. Source-sink regulation by sugar and stress. *Current Opinion of Plant Biology*, 2: 198-206.
- Rosati, C., Rivalta, L., Dradi, M., Le Lézec, M., Belouin, A., Chartier, R., Lecomte, P. 2002. Fireblight evaluation of advanced Italian selections and cultivars of pear. *Acta Hort*, 596: 279-282.
- Rossel, J.B., Wilson, I.W., Pogson, B.J. 2002. Global changes in gene expression in response to high light in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 130: 1109-1120.
- Rudolph, K., Stahmann, M.A. 1964. Interaction of peroxidases and catalases between *Phaseolus vulgaris* and *Pseudomonas phaseolicola*. *Nature*, 204: 474-475.
- Ryugo, K., Okuse, I., Fuji, Y. 1990. Correlation between fire blight resistance and phenolic levels in pears. *Acta Hort*, 273: 335-338.
- Sánchez, E.E. 2008. Recent situation of the pear industry in South America. *Acta Hort*, 800:79-82.
- Sanchez, A.C.G., Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I. 2003. Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C contents and antioxidant capacity. *J Sci Food Agric*, 83 (10): 995-1003.
- Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M., Toth-Markus, M. 2005. Differences in antocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Res Int.*, 38: 1023-1029.
- Sárdi, É., Velich, I., Hevesi, M., Klement, Z. 1996. The role of endogenous carbohydrates in the *Phaseolus-Pseudomonas* host-plantage interaction. 1. Bean ontogenesis and endogenous carbohydrate components. *Hort Sci Hung*, 28: 65-69.
- Sárdi, É., Velich, I., Hevesi, M., Klement, Z. 1999. Ontogenesis- and biotic stress-dependent variability of carbohydrate content in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Zeitschrift für Naturforschung C-A Journal of Biosciences*, 54 (9-10): 782-787.
- Sárdi, É., Stefanovits-Bányai, É. 2006. Relationship between peroxidase activity and the amount of fully-N-methylated compounds in bean plants infected by *Pseudomonas savastanoi* pv, *phaseolicola*. *Acta Physiol Plant*, 28(2): 523-528.
- Sárdi, É., Szarka, E., Csilléry, G., Szarka, J. 2006. Biochemical examination of the General Defense System of plants by OPLC. *J. Planar Chromatography*, 19: 233-237.
- Scharte, J., Schön, H., Weis, E. 2005. Photosynthesis and carbohydrate metabolism in tobacco leaves during an incompatible interaction with *Phytophthora nicotianae*. *Plant Cell Environ*, 28 (11): 1421-1435.
- Schnabel, E.L., Jones, A.L. 2001. Isolation and Characterization of Five *Erwinia amylovora* Bacteriophages and Assessment of Phage Resistance in Strains of *Erwinia amylovora*. *Appl Environ Microbiology*, 67(1):59-64.
- Schoofs, H., Deckers, T. 2006. Host susceptibility and fire blight control on apple and pear. *Acta Hort*, 704: 225-232.
- Seavert, C.F. 2005. Pear production in the North America, *Acta Hort*, 671: 45-46.
- Seibold, A., Fried, A., Kunz, S., Moltmann, E., Jelkmann, W. 2004. Yeasts as antagonists against fire blight. *EPPO Bull.* 34: 389-390.
- Seibold, A., Giesen, N., Jelkmann, W. 2006. Antagonistic activities of different yeast spp. against *Erwinia amylovora*. 1st International symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases: 408: 254-257.
- Shannon, L.M., Kay, E., Lew, J.Y. 1966. Peroxidase isozymes from horseradish roots. *J Biol Chem*, 241(9):2166-2172.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. 1965: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, (16): 144-158.
- Sobiczewsky, P; Deckers, T., Pulawska, J. 1997. Fire Blight (*Erwinia amylovora*), Some Aspects of Epidemiology and Control. *Res. Inst. of Pomology and Floriculture. Poland.*, 43-46.
- Sparla, F., Rotino, L., Valgimigli, M.C., Pupillo, P., Trost, P. 2004. Systemic resistance induced by benzothiadiazole in pear inoculated with the agent of fire blight (*Erwinia amylovora*). *Scientia Horticulturae*, 101(10): 269-279.
- Spinelli, F., Andreotti, C., Spada, G., Ponti, I., Geider, K. 2006. Chemical control of fire blight in pear: application of prohexadione-calcium, acibenzolar-S-methyl, and copper preparations in vitro. *Acta*

- Horticulturae, 704: 233-237. p.
- Staskawicz, B.J., Anubel, F.M., Baker, B.J., Ellis, J.G., Jones, D.G. 1995. Molecular genetics of plant disease resistance. *Science*, 268: 661-667.
- Stefanovits-Bányai, É., Kerepesi, I., Sárdi, É., Pais, I. 1998a. Effects of Ti-ascorbate on heavy metal induced carbohydrate metabolism in wheat seedlings. *Metal Elements in Environment, Medicine and Biology 3th International Symposium*, Temesvár, Ed.: Gabran Z., Dragan P.: Proc. 49-57.
- Stefanovits-Bányai, É., Sárdi, É., Lakatos S., Zayan M., Velich I. 1998b: Drought stress, peroxidase activity and formaldehyde metabolism in bean plants. *Acta Biol*, 49: 309-616.
- Stefanovits-Bányai, É., Kerepesi I., Sárdi, É., Pais, I. 1999. Effects of Ti-ascorbate on heavy metal induced carbohydrate metabolism and peroxidase activity in wheat seedlings. *Proceedings of the 8. International Trace Elements Symposium* Ed.: Pais, I. University for Horticulture and Food Industry Budapest, 165-171.
- Stefanovits-Bányai, É., Sárdi, É., Kerepesi, I., Végvári, A., Pais, I. 2000. Effect of cadmium stress on glucose and fructose content in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Metal Elements in Environment, Medicine and Biology, Volume IV Proceedings of the 4th International symposium on Metal Elements in Environment, Medicine and Biology*, Editors: Garban Z., Dragan P. Timisoara, Romania. 275-278.
- Stefanovitsné Bányai É. 2008. Kertészeti növények antioxidáns hatásának vizsgálata. MTA Doktori értekezés, 174 p.
- Suleman, P., Steiner, P.W. 1994. Relationship between sorbitol and solute potential in apple shoots relative to fire blight symptom development after infection by *Erwinia amylovora*. *Phytopathol*, 84: 1244-1250.
- Szalay L., Szendrey Zs., Sárdi É., Stefanovits-Bányai, É. 2003. Őszibarackfajták áttelelő szerveinek fagyállósága és egyes biokémiai paramétereik változásának kapcsolata. II. Erdei Ferenc Tudományos Konferencia 2003. augusztus 28-29. Kecskemét. Összefoglalók II. kötet 100-104.
- Szalay L., Hegedűs A., Németh Sz., Stefanovits-Bányai, É. 2007. A stresszszimek aktivitásának változása őszibarackfajták virágrügyeiben a téli nyugalmi időszakban. "Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly" tudományos ülés. Budapest, 2007. november 7-8. 206-207.
- Szarka E. 2008. A növények általános védekezési rendszerének biokémiai és genetikai vizsgálata. Doktori értekezés, Budapest, 146. p
- Szeckó, V., Hrotkó K., Stefanovits-Bányai, É. 2002. Seasonal variability in phenol content, peroxidase and polyphenoloxidase enzyme activity during the dormant season in plum rootstocks. *Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology*, Acta Biol Szeg, 46. 3-4. 211-212.
- Szeckó V. 2004. A fásdugványok gyökerező képességének fiziológiai összefüggései fiziológiai összefüggései szilvaalanyoknál. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- Takac, T. 2004. The relationship of antioxidant enzymes and some physiological parameters in maize during chilling. *Plant Soil Environ*, 50(1): 27-32.
- Tang, X., Rolfe, S.A., Scholes, J.D., 1996. The effect of *Albuga candida* (the white blister rust) on the photosynthetic and carbohydrate metabolism of leaves of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Environ*, 19: 967-975.
- Tao, Y., Xie, Z., Chen, W., Glazebrook, J., Chang, H.S., Han, B., Zhu, T., Zou, G., Katagiri, F. 2003. Quantitative nature of *Arabidopsis* responses during compatible and incompatible interactions with the bacterial pathogen *Pseudomonas syringae*, *Plant Cell* 15 (2003): 317-330.
- Theron, K.I., van der Merwe, P.W., Ferrandi, C.H. 2007. 10th International Pear Symposium, 22-26 May, Portugal, Programme and Abstracts, 16.
- Thibault, B; Belouin, A., Lecomte, P. 1989. Sensibilité varietable du poirier au feu bacterien. *L'Arboriculture Fruitière*, 421: 29-34.
- Thibault, B., Le Lezec, M. 1990. Sensibilite au feu bacterien des principales varietes de pommier et poirier utilisees en Europe. *Agriculture, Agrimed research programme. Fire blight of Pomoideae (Erwinia amylovora, Burrill, Winslow et al.) Applied research in Europe (1978-88)*. EUR 12601: 96-109.
- Thipyapong, M.D., Hunt, D., Steffens, J.C. 2004. Antisense downregulation of polyphenol oxidase results in enhanced disease susceptibility. *Planta*, 220: 105-117.
- Thomson, S.V. 2000. Epidemiology of fire blight. In: Vanneste, J.V (szerk). *Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, Erwinia amylovora*. CABI Publishing, 9-36.
- Torres, R., Valentines, M.C., Usall, J., Vinas, I., Larrigaudiere, C. 2003. Possible involvement of hydrogen peroxide in the development of resistance mechanism in 'Golden Delicious' apple fruit. *Postharvest*

- Biology and Technology, 27(3):235-242. p.
- Urs, N.V.R., Dunleavy, J.M. 1974. Bactericidal activity of horseradish peroxidase on *Xanthomonas phaseoli* var. *sojensis*. Phytopathol, 64: 542-5454.
- Vanneste, J.L. 1996. Honey bees and epiphytic bacteria to control fire blight, a bacterial disease of apple and pear. Biocontrol News and Information, 17(4): 67-78.
- Vanneste, J.L. 2006. Biological control of fire blight: an overview of the work carried out in New Zealand. Proceedings of the 1st International symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases: 408: 224-227.
- Venisse, J.S., Gullner, G., Brisset, M.N. 2001. Evidence for the Involvement of an Oxidative Stress in the Initiation of Infection of Pear by *Erwinia amylovora*. Plant Physiol, 125: 2164-2172.
- Venisse, J.S., Barny, M.A., Paulin, J.P., Brisset, M.N. 2003. Involvement of three pathogenicity factors of *Erwinia amylovora* in the oxidative stress associated with compatible interaction in pear. FEBS Letters, 537 (1-3): 198-202.
- Végyvári, A., Sárdi, É., Csöke, B., Stefanovits-Bányai, É., Szarka, J., Velich, I. 2000. Changing of carbohydrates by inoculation of *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* on bean lines with different resistance. Int J Hort Sci, 6. 1. 82-85.
- Zhang, X., Richards, E.J., Borevitz, J.O. 2007. Genetic and epigenetic dissection of *cis* regulatory variation. Current Opinion in Plant Biology, 10 (2): 142-148.
- van der Zwet, T., Keil, H.M. 1979. Fire Blight – A Bacterial Disease of Rosaceous Plants. Agriculture Handbook 510. US Department of Agriculture, Washington, DC, 200. p.
- van der Zwet, T., Bell, L.R. 1990. Fire blight susceptibility in *Pyrus* germplasm from Eastern Europe. HortScience, 25(5): 566-568.
- van der Zwet, T., Beer, S.V. 1995. Fire Blight – Its Nature, Prevention and Control. USDA Bulletin No. 631- 697.
- van der Zwet, T., Bell, L.R. 1995. Response of central European *Pyrus* germplasm to natural fire blight infection and artificial inoculation. HortScience, 30(6): 1287-1291.
- van der Zwet, T. 2006. Present worldwide distribution of fire blight and closely related diseases. Acta Hort, 704: 35.
- Werner, N.A., Aldwinckle, H.S. 2006. Two years of research on biological control of fire blight in New York. Proceedings of the 1st International symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases: 408: 274-278.
- Wodzinski, R.S., Umholz, T.E., Rundle, J.R., Beer, S.V. 1994. Mechanism of inhibition of *Erwinia amylovora* by *Erwinia herbicola* *in vitro* and *in vivo*. Journal of Applied Bacteriology, 76 (1): 22-29.
- Wright, D.P., Baldwin, B.C., Shephard, M.C., Scholes, J.D. 1995. Source-sink metabolism in relationship in wheat leaves infected with powdery mildew: Alterations with carbohydrate metabolism. Physiol Mol Plant Pathol, 47: 237-253.

M2 Mellékletek Táblázatok és ábrák

1. táblázat. Virágszervek fertőzöttsége (%-ban)* *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2000, 2001)
Inokulálás: 2000. 04. 20; 2001. 04. 17. értékelés: 2000. 04. 24; 2001. 04. 21.

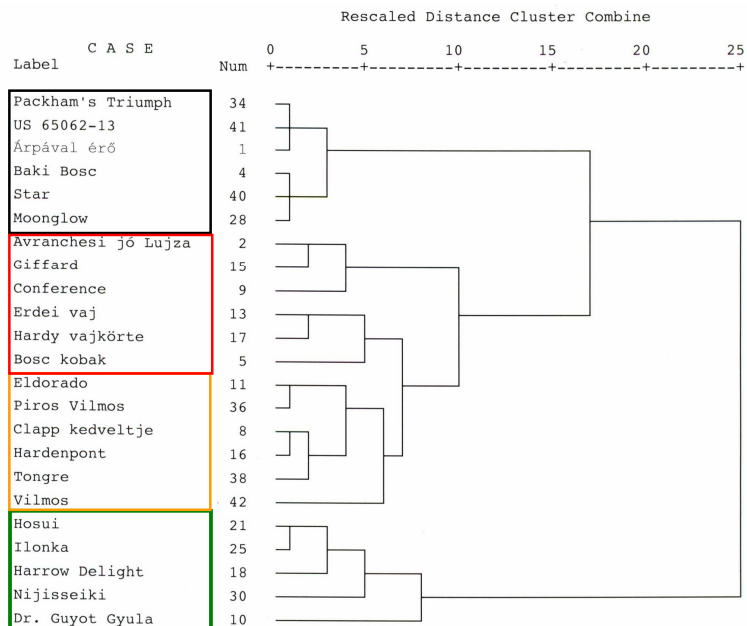
Fajták	Vacok		Csészelevél		Sziromlevél		Porzó	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Avranchesi jó Lujza		0		0		16		0
Bosc kobak	36	0	27	0	36	24	36	0
Conference	0		0		66		66	
Dr. Guyot Gyula	82		82		82		82	
Eldorado	10	0	50	43	30	43	40	43
Fertilia Delbard	34	13	30	19	60	23	43	26
Harrow Delight	86	0	57	0	86	42	86	0
Harvest Queen	0	0	0	5,2	0	30	16	0
Hosui	50	2,8	50	0	75	20	83	14
HW 614	12,5	0	12,5	30	62,5	50	62,5	50
Magness	0	0	0	8	0	10	0	0
Moonglow	9	25	18	10	9	37,5	9	25
Nijisseiki	83	0	100	0	95	0	95	0
Packham's Triumph	90	83	95	83	90	83	100	100
Pap körte	25		25		25		50	
Republica	44	55	12	0	100	42,5	92	35
Star	15	0	23	0	23	8	69	0
Tongre	19		27		96		88	
US 65062-13	22	15	22	37	22	21	22	7
Vilmos	31	0	23	0	36	22	90	7,5

*barnult virágszerv az összes megfigyelt virágszerv %-ban

2. táblázat. Virágszervek fertőzöttsége* *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2002)
Inokulálás: 2002. 04. 04. értékelés: 2002. 04. 08.

Fajták	bibe	szirom	csésze	vacok	porzó
Árpával erő	3,00	0,38	3,00	3,00	3,00
Avranchesi jó Lujza	2,13	1,27	2,38	2,33	2,38
Baki Bosc	3,00	3,00	2,84	2,84	3,00
Bosc kobak	2,00	0,52	1,06	2,26	2,28
Clapp kedveltje	1,06	1,61	1,65	1,72	1,85
Conference	0,67	0,64	2,06	2,06	0,67
Dr. Guyot Gyula	2,02	0,17	0,70	0,90	1,90
Eldorado	0,27	0,50	1,50	1,50	1,60
Erdei vajkörte	0,95	1,00	1,25	1,93	0,95
Giffard vajkörte	2,51	0,80	2,27	2,20	2,60
Hardenpont téli vajkörte	1,71	0,57	1,71	1,71	1,71
Hardy vajkörte	1,22	0,17	1,13	1,78	1,55
Harrow Delight	0	0	0,26	0,00	0,29
Hosui	1,36	0,33	0,18	0,18	1,36
Magness	0,26	0	0,24	0,24	0,78
Moonglow	2,05	0,20	2,80	2,77	2,05
Nijisseiki	2,61	0,42	0,64	0,39	1,93
Packham's	3,00	2,80	3,00	3,00	2,92
Piros Vilmos	2,63	0	1,50	1,55	1,17
Star	2,37	1,17	2,83	2,83	2,35
Tongre	2,27	0,10	1,83	1,83	2,27
US 65062-13	3,00	1,78	3,00	3,00	3,00
Vilmos	2,25	0,46	1,60	1,11	2,15

*B_v betegség mértéke a virágon, számított B érték (0-3)

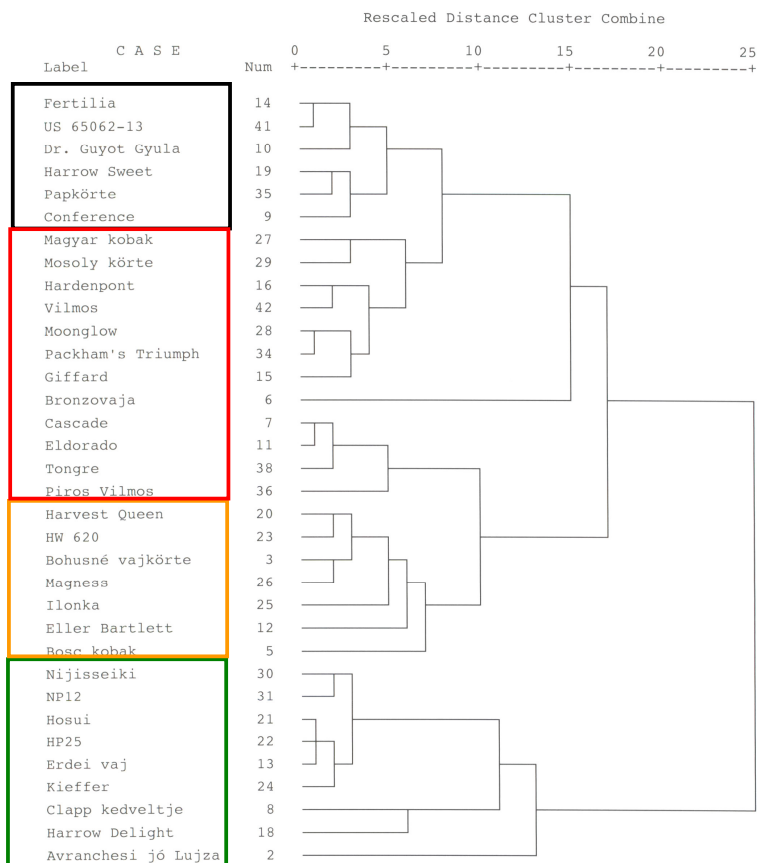


1. ábra. A körtefajták virágszerveinek (csészelevél és a vacok) tüzelhalás fogékonyságából* készített cluster analízis (*számított B_v értékek: betegség mértéke a virágon) (2002)
 mérsékelt rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

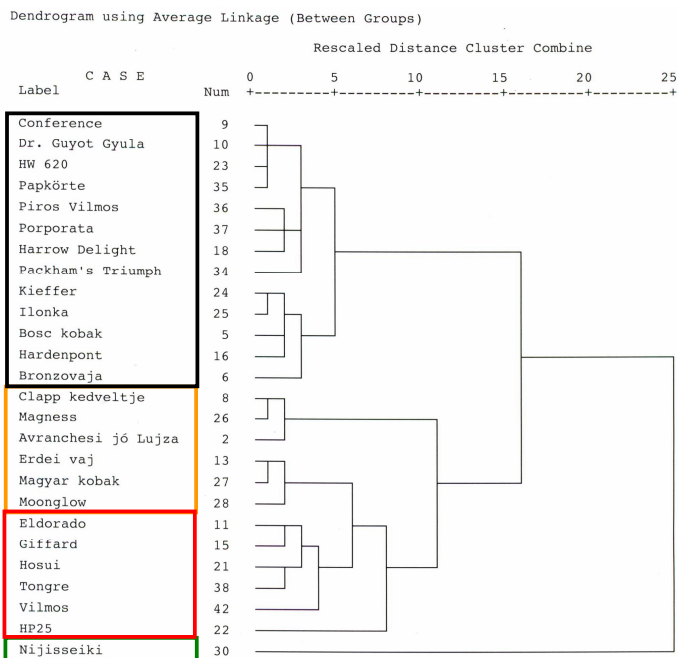
3. táblázat. Virágszervek fertőzöttsége* *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003)
 Inokulálás: 2003. 04. 22. értékelés: 2003. 04. 26.

Fajták	bibe	szirom	csésze	vacok	porzó
Avranches-i jó Lujza	1,3	0,2	0,4	1,3	0,5
Bohusné vajkörte	2,4	0,2	1,3	1,2	0,4
Bosc kobak	3	0,5	2	1,1	0,2
Bronzovaja	2,6	0	1	2,8	2
Cascade	3	0	2	1,8	1,4
Clapp kedveltje	3	0	1,7	0	0
Conference	3	1,6	2,5	2,8	2,2
Dr. Guyot Gyula	3	1,2	3	2,8	2,7
Eldorado	3	0,6	2	1,8	2,2
Eller Bartlett	2,8	0,2	1,4	0,8	0,4
Erdei vajkörte	0,1	0	0,4	0,3	0
Fertilia Delbard	3	1,9	3	3	2,6
Giffard vajkörte	0,3	0	0,3	2,8	0
Hardenpont téli vajkörte	3	0,4	2	2,5	2
Harrow Delight	2,8	0	1,2	0,2	0,2
Harrow Sweet	3	0,8	2,6	3	1,8
Harvest Queen	2,6	0,4	1,6	1,1	1,3
Hosui	2,8	2,3	0,4	0,3	2,1
HP25	2,3	0	0,4	0,3	0
HW 620	3	0,8	1,6	1,2	1,3
Ilonka	3	3	1	1,6	0,4
Kieffer	2,9	0	0,4	0,2	0
Magness	1,6	0	1,4	1,3	0,6
Magyar kobak	2,8	1,6	2,6	2,4	2,1
Moonglow	3	0,5	2	3	3
Mosoly körte	3	1,18	2,36	2,52	1,73
Nijisseiki	1,5	0,2	0,5	0	0,4
NP12	2,3	0	0,4	0	0,2
Packham's Triumph	2,1	1	2	3	1,1
Pap körte	3	1	2,5	3	2
Piros Vilmos	3	0,4	2,4	1,9	1,5
Tongre	3	1,63	1,92	1,88	1,47
Vilmos	3	0,6	2,1	2,6	1

* B_v betegség mértéke a virágon, számított B érték (0-3)



2. ábra. A körtefajták virágszerveinek (csészelevél és a vacok) tüzelhalás fogékonyságából* készített cluster analízis (*számított B_v értékek: betegség mértéke a virágon) a kapilláris technika fertőzési módnál (2003)
 mérsékeltén rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

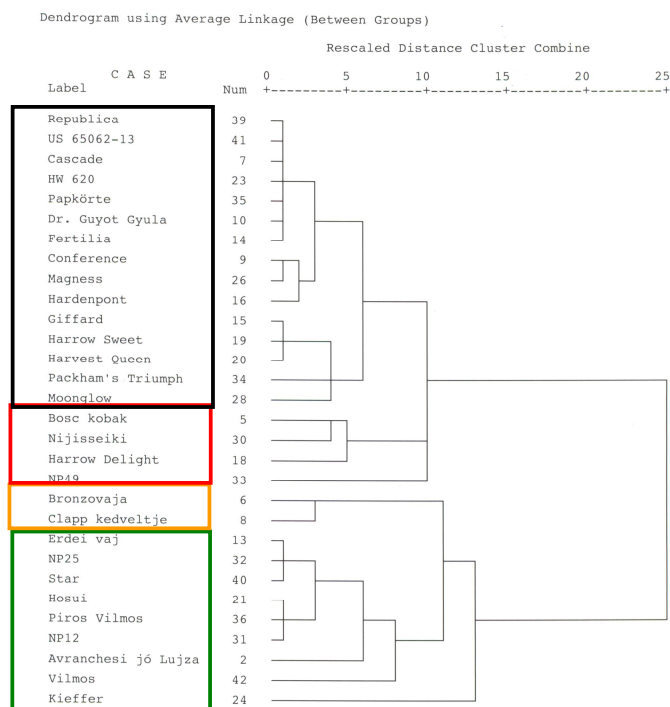


3. ábra. A körtefajták virágszerveinek (csészelevél és a vacok) tüzelhalás fogékonyságából* készített cluster analízis (*számított B_v értékek: betegség mértéke a virágon) a termőgallyak permetezése fertőzési módnál (2003)
 mérsékeltén rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

4. táblázat. Virágsszervek fertőzöttsége* *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2004)
Inokulálás: 2004. 04. 17. értékelés: 2004. 04. 21.

Fajták	bibe	szirom	csésze	vacok	porzó
Avranches jó Lujza	2,28	0,11	0,56	0,83	0,00
Bosc kobak	2,00	0,10	1,90	2,10	1,10
Bronzovaja	2,35	0,30	1,05	1,20	1,50
Cascade	3,00	2,35	3,00	3,00	3,00
Clapp kedveltje	2,55	0,70	1,35	1,40	1,30
Conference	3,00	1,43	2,71	3,00	3,00
Dr. Guyot Gyula	3,00	0,15	3,00	3,00	3,00
Erdei vajkörte	0,60	0,05	0,15	0,10	0,70
Fertilia Delbard	3,00	2,06	3,00	3,00	2,88
Giffard vajkörte	0,10	0,00	2,35	3,00	3,00
Harvest Queen	2,45	1,75	2,40	2,90	2,25
Hardenpont	3,00	0,35	2,75	2,80	1,55
Harrow Delight	3,00	0,50	2,00	1,67	2,00
Harrow Sweet	2,50	0,20	2,45	3,00	1,60
Hosui	3,00	0,35	0,20	0,50	0,55
HW 620	3,00	0,35	3,00	3,00	2,85
Kieffer	3,00	0,71	0,00	1,94	2,18
Magness	3,00	1,00	2,65	3,00	3,00
Moonglow	3,00	0,00	2,00	3,00	2,25
Nijisseiki	3,00	2,25	2,25	2,30	3,00
NP12	2,95	0,15	0,15	0,45	0,85
HP 25	3,00	1,50	0,15	0,15	1,75
NP49	3,00	1,65	1,55	3,00	1,15
Packham's Triumph	3,00	0,53	2,20	2,67	2,67
Pap körte	3,00	2,30	3,00	3,00	3,00
Piros Vilmos	2,80	0,10	0,25	0,50	1,05
Republica	3,00	2,50	3,00	3,00	3,00
Star	0,40	0,00	0,10	0,20	1,50
US 65062-13	3,00	2,05	3,00	3,00	3,00
Vilmos	3,00	0,45	1,05	0,40	1,75

*B_v betegség mértéke a virágon, számított B érték (0-3)



4. ábra. A csészelevél és a vacok fogékonyságának* adatai alapján (*számított B_v értékek: betegség mértéke a virágon) készített cluster analízis (2004)

mérsékelt rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

5. táblázat. Virágsszervek fertőzöttsége* *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2005)

Inokulálás: 2005. 04. 12. értékelés: 2005. 04. 16.

Fajták	Bibe	Szirom	Csésze	Vacok	Porzó
Baki Bosc	3,00	2,25	2,73	1,89	2,63
Bohusné vajkörte	2,85	1,64	2,15	1,74	2,82
Bosc kobak	3,00	1,50	1,75	2,25	2,50
Hardy vajkörte	3,00	1,87	2,05	2,14	2,58
Hosui	3,00	0,67	1,67	0,50	2,67
Kieffer	2,50	0,50	0,75	0,75	2,50
Mosoly körte	3,00	2,78	2,28	2,53	3,00
Nijisseiki	3,00	1,50	1,50	1,50	3,00
NP 12	3,00	2,25	1,90	1,95	2,75
Packham's Triumph	3,00	1,67	3,00	3,00	3,00
Porporata	3,00	1,62	2,86	1,84	2,73
Repubblica	3,00	2,62	2,84	3,00	2,72
Serres Olivér	2,50	1,00	2,50	3,00	2,50
Star	2,83	1,14	1,25	1,42	2,43

*B_v betegség mértéke a virágon, számított B érték (0-3)

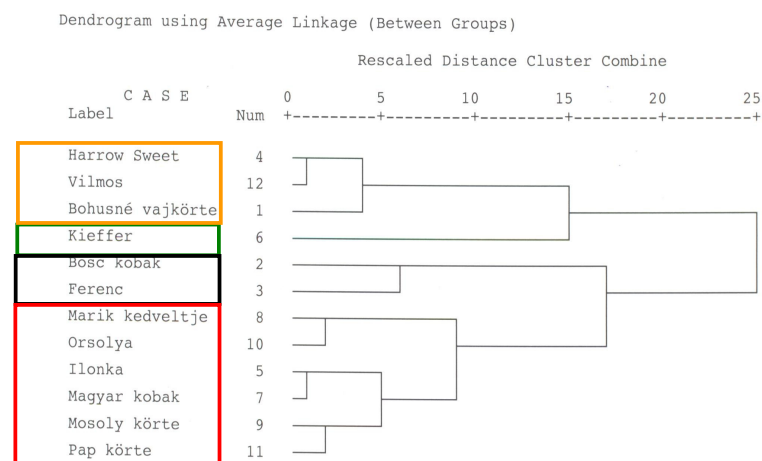
6. táblázat. Hajtások fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az értékelés 4 időpontjában (2001)

Inokulálás: 2001. 05. 18.

Fajták	fertőzést követő 7. nap		fertőzést követő 11. nap		fertőzést követő 15. nap		fertőzést követő 19. nap	
	B _h *	N%**	B _h	N%	B _h	N%	B _h	N%
Bohusné vajkörte	0,80	12,30	1,14	22,62	1,74	36,74	2,60	41,20
Bosc kobak	0,83	13,72	1,85	37,62	3,38	63,94	4,58	81,67
Ferenc vérbélű	1,82	21,34	2,23	26,74	3,85	76,83	4,58	88,94
Harrow Sweet	1,25	26,83	1,84	35,72	2,16	40,28	2,37	45,53
Ilonka	0,60	12,46	1,27	28,73	1,96	38,94	2,79	58,30
Kieffer	0,23	5,73	0,57	8,93	0,84	10,84	1,23	26,07
Magyar kobak	0,00	0,00	1,37	28,94	1,93	42,93	2,18	58,75
Marik kedveltje	0,67	10,73	1,28	28,93	2,47	51,38	3,28	71,15
Mosoly körte	1,41	36,84	1,84	47,93	2,95	59,63	3,48	65,00
Orsolya	0,55	8,73	1,94	37,82	2,74	61,28	3,69	73,27
Pap körte	1,27	26,73	2,67	52,38	2,95	59,63	3,37	63,20
Vilmos	0,53	10,36	1,26	25,38	1,83	32,83	2,47	45,80

*B_h betegség mértéke a hajtáson, számított B érték (0-5)

**N% nekrosis mértéke %-ban



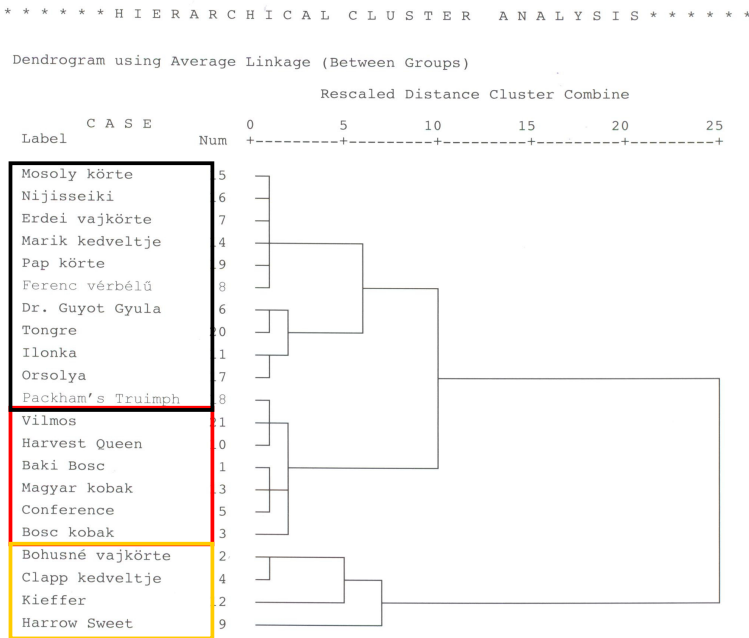
5. ábra. A körtfajták hajtásainak tűzelhalás fogékonyságából* készített cluster analízis (*betegség mértéke a hajtáson és a nekrosis mértéke %-ban) alapján (2001)

mérsékeltlen rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

7. táblázat. Hajtások fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az értékelés 4 időpontjában (2002)
Inokulálás: 2002. 05. 15.

Fajták	fertőzést követő 7. nap		fertőzést követő 11. nap		fertőzést követő 15. nap		fertőzést követő 19. nap	
	B _h *	N% **	B _h	N%	B _h	N%	B _h	N%
Baki Bosc	2,25	48,50	2,70	53,60	3,08	67,20	3,78	75,80
Bohusné vajkörte	1,00	28,00	1,25	31,00	1,28	33,00	1,84	37,00
Bosc kobak	1,27	35,40	2,33	47,60	2,88	59,80	3,44	72,40
Clapp kedveltje	0,33	29,63	0,67	33,33	1,67	37,04	2,27	37,04
Conference	2,52	56,64	2,84	65,49	3,63	72,57	3,74	74,34
Dr. Guyot Gyula	2,74	67,17	3,14	73,74	4,29	85,86	4,43	90,91
Erdei vajkörte	3,89	68,69	4,20	90,91	4,50	97,98	4,75	100,00
Ferenc vérbélű	3,42	72,00	3,85	83,00	4,33	96,00	4,55	98,00
Harrow Sweet	1,00	25,41	1,50	31,15	2,00	44,26	2,28	47,54
Harvest Queen	1,81	40,00	2,83	62,00	3,36	73,00	3,54	74,73
Ilonka	1,56	30,00	3,36	72,00	3,84	87,00	3,84	87,00
Kieffer	0,14	10,71	0,35	15,11	0,57	19,28	1,24	25,62
Magyar kobak	1,33	28,50	2,37	47,50	2,83	62,30	3,53	75,20
Marik kedveltje	2,35	41,00	3,78	79,00	4,87	96,00	5,00	100,00
Mosoly körte	2,74	59,00	4,85	95,00	4,74	95,37	5,00	100,00
Nijisseiki	3,62	73,33	3,84	80,00	4,50	94,38	4,50	94,38
Orsolya	3,63	68,02	3,88	77,93	4,25	86,49	4,38	88,29
Packham's Triumph	2,45	50,43	2,70	61,97	3,00	67,52	3,55	76,92
Pap körte	3,26	71,00	3,84	83,00	4,48	95,00	5,00	100,00
Tongre	3,84	78,17	3,95	81,67	4,37	86,79	4,73	90,57
Vilmos	2,36	45,00	2,73	65,00	3,5	71,00	3,43	78,00

*B_h betegség mértéke a hajtáson, számított B érték (0-5), **N% nekrosis mértéke %-ban

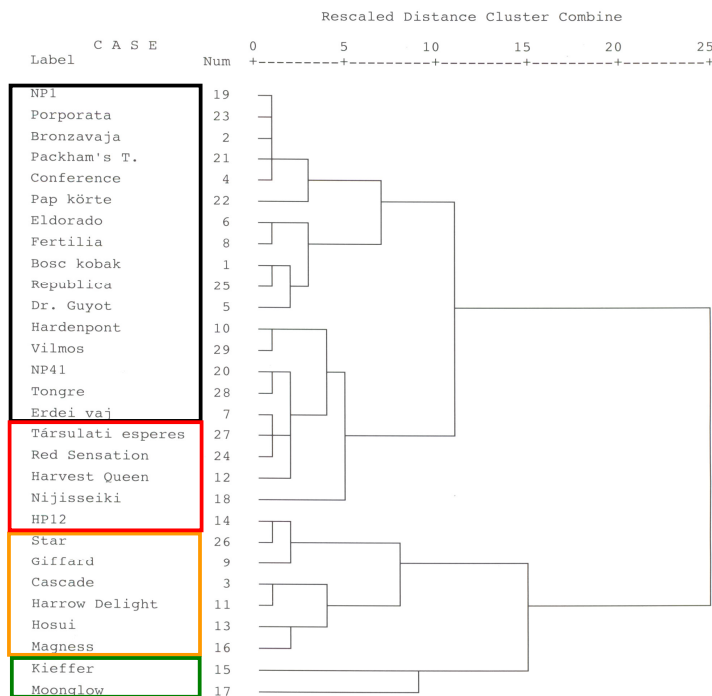


6. ábra. A körtéfajták hajtásainak tüzelhalás fogékonyságából készített cluster analízis (betegség mértéke a hajtáson és a nekrosis mértéke %-ban) alapján (2002)
közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

8. táblázat. Hajtások fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az értékelés 4 időpontjában (2003)
Inokulálás: 2003. 05. 20.

Fajták	fertőzést követő 7. nap		fertőzést követő 11. nap		fertőzést követő 15. nap		fertőzést követő 19. nap	
	B _h *	N% **	B _h	N%	B _h	N%	B _h	N%
Bosc kobak	2,29	42,00	4,17	79,17	4,28	85,71	4,29	85,71
Bronzavaja	3,17	63,33	5,00	100,00	5,00	100,00	5,00	100,00
Cascade	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	35,00	1,80	33,60
Conference	3,13	59,88	4,00	80,50	5,00	96,67	4,63	99,38
Dr. Guyot Gyula	3,00	60,14	3,57	71,43	3,25	62,50	4,14	83,21
Eldorado	2,10	42,00	3,30	69,00	4,14	89,86	4,60	90,80
Erdei vaj	1,89	37,50	2,00	44,67	1,67	66,67	3,67	72,78
Fertilia Delbard	2,13	39,31	3,38	66,38	3,00	67,29	4,50	90,25
Giffard vajkörte	0,80	16,60	1,20	23,20	1,68	34,57	2,46	48,65
Hardenpont téli vajkörte	2,00	38,50	2,25	53,38	3,20	60,57	4,00	80,50
Harrow Delight	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	22,30	1,67	33,33
Harvest Queen	2,16	40,36	2,65	51,48	3,12	62,75	3,43	71,37
Hosui	0,88	20,50	1,50	29,88	2,00	36,67	2,00	39,38
HP12	1,17	18,25	1,17	29,00	2,00	41,67	2,83	53,25
Kieffer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	6,00
Magness	1,20	25,20	1,90	36,45	1,00	25,33	2,20	42,65
Moonglow	0,50	8,88	0,88	17,00	1,25	22,00	1,13	22,88
Nijisseiki	0,43	9,57	2,14	44,71	3,00	61,21	3,29	66,67
NP1	3,00	54,40	4,20	83,00	5,00	100,00	5,00	100,00
NP41	2,25	46,50	2,92	57,42	4,00	75,70	4,00	75,70
Packham's Triumph	2,13	53,88	4,17	84,00	4,57	100,00	4,57	100,00
Pap körte	1,50	58,67	3,83	76,67	4,67	96,00	4,67	96,00
Porporata	0,56	13,33	3,96	75,83	5,00	100,00	5,00	100,00
Red Sensation	2,00	44,67	3,67	66,89	3,33	72,17	3,75	73,94
Republica	2,56	58,63	3,38	62,98	3,92	78,43	4,25	86,62
Star	1,16	24,63	1,85	35,84	2,23	46,38	2,67	51,39
Társulati esperes	1,44	30,33	2,00	39,22	3,00	60,00	3,89	73,28
Tongre	1,50	29,13	3,00	61,75	3,34	70,30	3,63	75,50
Vilmos	0,78	15,89	1,67	34,22	4,20	83,80	3,89	78,61

*B_h betegség mértéke a hajtáson, számított B érték (0-5), **N% nekrosis mértéke %-ban



7. ábra. A körtefajták hajtásainak tűzelhalás fogékonyságából készített cluster analízis (betegség mértéke a hajtáson és a nekrosis mértéke %-ban) alapján (2003)

mérsékelt rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

9. táblázat. Hajtások fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az értékelés 4 időpontjában (2004)
Inokulálás: 2004. 05. 05.

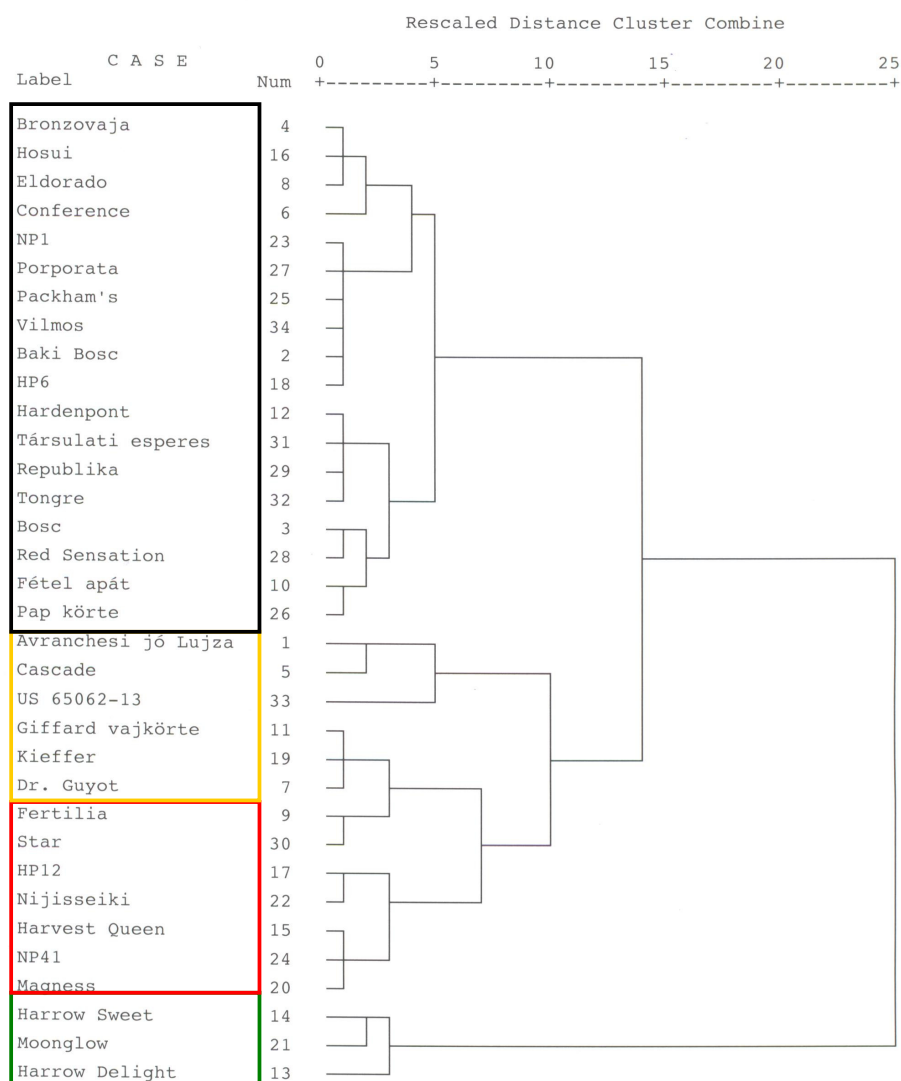
Fajták	fertőzést követő 7. nap		fertőzést követő 11. nap		fertőzést követő 15. nap		fertőzést követő 19. nap	
	B _h [*]	N% ^{**}	B _h	N%	B _h	N%	B _h	N%
Avranches-i jó Lujza	0,43	6,99	0,71	13,71	1,12	23,45	1,29	30,39
Baki Bosc	2,41	49,15	3,18	72,33	3,65	72,56	4,21	80,33
Bosc kobak	2,33	47,52	3,33	74,19	3,87	86,78	4,33	84,89
Bronzovaja	2,05	42,23	2,25	63,18	3,25	62,57	3,54	72,36
Cascade	0,67	14,47	0,75	19,24	1,22	26,76	1,88	35,78
Conference	1,63	32,71	2,75	60,56	3,12	55,86	3,25	69,63
Dr. Guyot Gyula	0,89	19,73	1,33	29,48	2,02	36,75	2,29	42,28
Eldorado	1,71	41,54	3,00	64,49	3,13	69,56	3,43	74,19
Fertilia Delbard	1,40	32,27	2,40	42,33	2,56	48,42	2,80	50,59
Fétel apát	2,33	59,30	3,67	74,65	3,86	80,75	4,00	88,17
Giffard vajkörte	0,57	5,78	1,25	27,89	1,94	38,64	2,23	44,67
Hardenpont téli vajkörte	1,38	37,21	2,75	63,59	3,57	78,63	4,00	91,77
Harrow Delight	0,25	2,40	0,38	7,73	0,53	7,73	0,63	7,73
Harrow Sweet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Harvest Queen	1,13	20,23	2,13	44,59	2,54	52,84	2,75	58,69
Hosui	1,57	31,56	2,00	53,19	2,74	65,27	3,29	72,56
HP12	1,78	37,68	2,56	53,60	2,93	60,05	3,22	64,86
HP6	1,29	46,95	2,29	68,68	3,13	62,15	3,57	81,00
Kieffer	1,17	30,20	1,83	42,74	1,83	43,70	1,83	43,70
Magness	0,83	23,48	2,00	39,01	2,14	41,77	2,67	61,14
Moonglow	0,00	0,00	0,00	1,26	0,00	1,78	0,00	3,05
Nijisseiki	1,20	31,81	2,40	56,42	2,64	60,78	2,80	66,37
NP1	2,00	58,27	2,88	70,18	3,17	63,98	3,88	81,80
NP41	1,36	42,37	2,18	48,34	2,58	52,84	3,09	58,03
Packham's Triumph	2,17	53,99	3,33	70,27	3,59	77,83	3,83	79,64
Pap körte	1,71	41,64	3,23	71,22	4,07	78,52	4,40	89,75
Porporata	1,87	47,36	2,98	65,72	3,67	72,47	4,25	82,56
Red Sensation	2,23	56,24	3,19	70,89	3,94	80,27	4,34	86,15
Republika	2,14	53,39	3,71	83,39	4,17	82,74	4,57	95,74
Star	0,75	12,13	1,75	38,55	1,94	42,33	2,50	47,71
Társulati esperes	2,28	53,34	3,45	72,43	4,17	82,36	4,56	92,45
Tongre	2,22	48,46	4,00	88,44	4,13	90,64	4,44	94,23
US 65062-13	0,14	4,29	0,57	11,53	0,62	17,88	0,83	21,24
Vilmos	2,00	38,11	2,88	61,78	3,04	68,11	3,38	79,46

*B_h betegség mértéke a hajtáson, számított B érték (0-5)

**N% nekrosis mértéke %-ban

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



8. ábra. A körtefajták hajtásainak tűzelhalás fogékonyságából* készített cluster analízis (*betegség mértéke a hajtáson és a nekrózis mértéke %-ban) alapján (2004)

mérsékelt rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

10. táblázat. Hajtások fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az értékelés 4 időpontjában (2005)
Inokulálás: 2005. 04. 31.

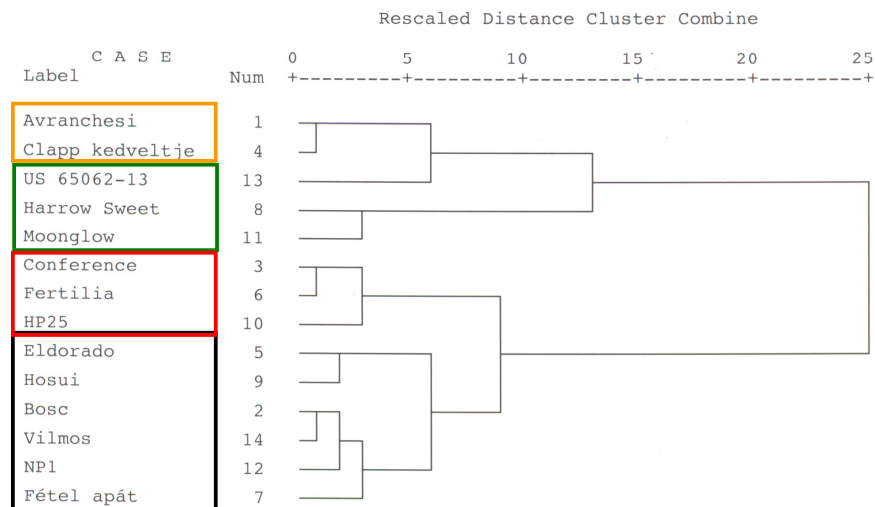
Fajták	fertőzést követő 7. nap		fertőzést követő 11. nap		fertőzést követő 15. nap		fertőzést követő 19. nap	
	Bh	N%	Bh	N%	Bh	N%	Bh	N%
Avranchesi	0,56	5,86	1,12	17,54	1,46	20,48	2,67	37,76
Bosc	2,50	51,76	3,45	63,36	4,00	74,23	4,50	83,74
Conference	2,20	31,99	2,65	48,14	3,00	58,34	3,80	68,35
Clapp kedveltje	0,85	10,84	1,25	27,53	1,57	28,94	2,20	37,84
Eldorado	2,25	42,12	3,24	65,67	4,00	87,15	4,50	95,57
Fertilia	2,67	45,44	2,98	53,78	3,33	69,17	4,00	70,28
Fétel apát	2,95	48,56	3,26	52,76	3,57	64,17	4,87	89,84
Harrow Sweet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hosui	3,00	65,78	4,11	89,53	5,00	100,00	5,00	100,00
HP25	2,00	34,60	2,54	45,13	3,33	58,68	3,67	62,26
Moonglow	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	3,40	0,22	5,70
NP1	2,00	38,76	2,97	57,43	3,50	68,45	4,00	79,91
US 65062-13	0,16	6,67	0,67	12,77	0,78	19,88	1,21	23,87
Vilmos	1,75	39,91	2,76	61,35	3,25	81,11	3,75	84,09

*B_h betegség mértéke a hajtáson, számított B érték (0-5)

**N% nekrosis mértéke %-ban

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



9. ábra. A körtefajták hajtásainak tűzelhalás fogékonyságából* készített cluster analízis (*betegség mértéke a hajtáson és a nekrosis mértéke %-ban) alapján (2005)
mérsékelten rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

11. táblázat. *E. amylovora* sejt mennyisége 1 cm-es hajtásdarabban a fertőzést követő 19. napon (2003)

Fajta	<i>E.a.</i> sejt db/1 cm	Fogékony-sági kategória (<i>E.a.</i> sejt alapján)	Fogékony-sági kategória (B_h^* alapján)
Bosc kobak	3E+07	EF	EF
Bronzovaja	2E+07	EF	EF
Cascade	2E+06	NF	KF
Conference	6E+07	EF	EF
Dr. Guyot Gyula	4E+06	NF	EF
Eldorado	9E+07	EF	EF
Erdei vajkörte	4E+06	NF	NF
Fertilia Delbard	3E+06	NF	EF
Giffard vajkörte	5E+06	NF	KF
Hardenpont téli vajkörte	1E+06	NF	EF
Harrow Delight	4E+06	NF	KF
Harvest Queen	8E+07	EF	NF
Hosui	4E+05	KF	KF
HP12	6E+07	EF	NF
Kieffer	4E+04	MR	MR
Magness	3E+05	KF	KF
Moonglow	3E+06	NF	MR
NP1	1E+06	NF	NF
NP41	1E+07	EF	EF
Packham's Triumph	6E+06	NF	EF
Pap körte	1E+06	NF	EF
Tongre	9E+07	EF	NF
Vilmos	8E+07	EF	EF

* B_h betegség mértéke a hajtáson, számított B érték

MR: mérsékelten rezisztens
 KF: közepesen fogékony
 NF: nagyon fogékony
 EF: igen erősen fogékony

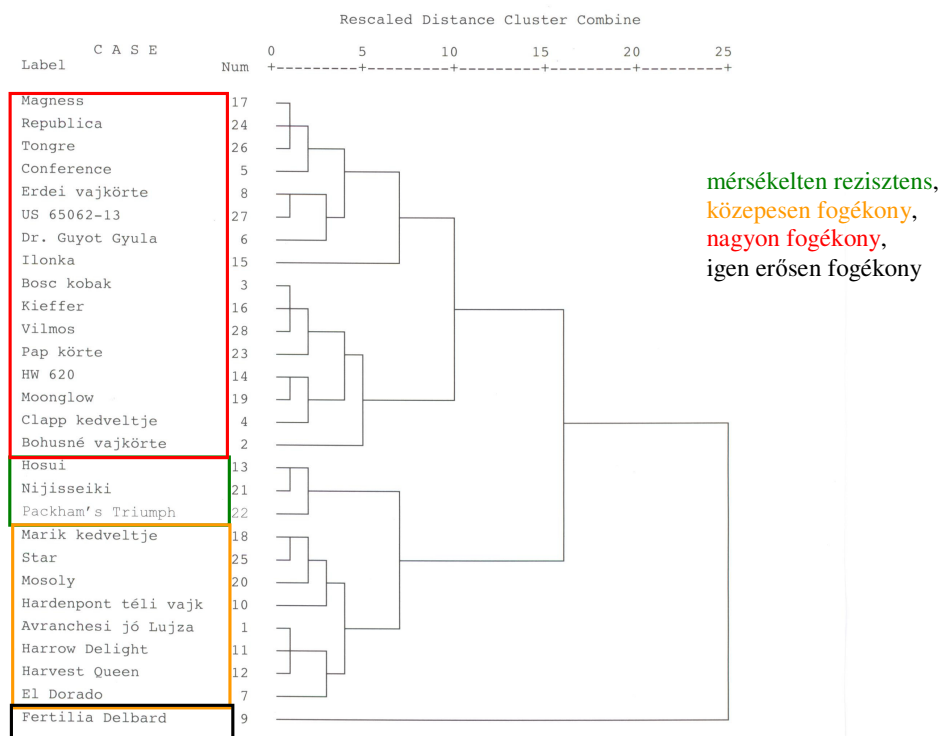
12. táblázat. *E. amylovora* sejt mennyisége 1 cm-es hajtásdarabban a fertőzést követő 19. napon (2004)

Fajta	<i>E.a.</i> sejt db/1 cm	Fogékony-sági kategória (<i>E.a.</i> sejt alapján)	Fogékony-sági kategória (B_h^* alapján)
Avranchesi jó Lujza	2E+04	MR	MR
Bosc kobak	6E+07	EF	EF
Cascade	1E+04	MR	KF
Conference	5E+07	EF	NF
Dr. Guyot Gyula	2E+05	KF	KF
Eldorado	1E+06	NF	NF
Fertilia Delbard	9E+07	EF	NF
Fétel apát	6E+07	EF	EF
Hardenpont téli vajkörte	5E+07	EF	EF
Harrow Delight	1E+04	MR	MR
Harrow Sweet	3E+04	MR	MR
Harvest Queen	5E+06	NF	NF
Hosui	3E+06	NF	NF
HP12	7E+07	EF	NF
HP6	9E+05	KF	NF
Magness	6E+05	KF	KF
Moonglow	7E+04	MR	MR
Nijisseiiki	4E+06	NF	NF
NP1	3E+06	NF	EF
NP41	1E+08	EF	NF
Packham's Triumph	3E+07	EF	EF
Pap körte	5E+07	EF	EF
Republika	2E+07	EF	EF
Star	2E+05	NF	KF
Tongre	2E+06	NF	EF
US 65062-13	1E+04	MR	MR
Vilmos	2E+06	NF	NF

13. táblázat. Éretlen körtegyümölcsök fogékonysága* *Erwinia amylovora* fertőzést követően az inokulációt követő 4. napon (2001) Fertőzés: 2001. június 15, értékelés: június 19.

Fajták	Nekrotikus folt (mm)	Nyálkacsepp (mm)	B _{gy}
Avranches jó Lujza	5,87	1,02	1,43
Bohusné vajkörte	14,85	0,42	2,46
Bosc kobak	11,93	3,62	2,48
Clapp kedveltje	14,31	3,48	2,48
Conference	22,29	5,00	3,61
Dr. Guyot Gyula	16,68	4,60	2,97
Eldorado	3,70	2,12	1,06
Erdei vajkörte	18,75	4,94	3,25
Fertilia Delbard	31,25	6,00	4,13
Hardenpont téli vajkörte	7,85	3,50	1,63
Harrow Delight	5,45	1,06	1,37
Harvest Queen	5,81	0,57	1,41
Hosui	0,83	1,00	0,55
HW 614	13,83	5,25	2,46
Ilonka	25,22	6,00	3,75
Kieffer	12,13	3,26	2,48
Magness	20,77	5,00	3,43
Marik kedveltje	7,73	1,36	1,80
Moonglow	14,10	5,12	2,77
Mosoly	7,53	2,34	1,70
Nijisseiki	1,38	0,66	0,51
Packham's Triumph	1,96	0,25	0,39
Pap körte	11,68	2,04	2,21
Republica	20,70	5,00	3,19
Star	8,33	1,24	1,91
Tongre	21,50	5,12	3,46
US 65062-13	19,22	5,00	2,94
Vilmos	12,66	3,25	2,48

*B_{gy}: betegség mértéke a gyümölcsön, számított érték (0-5)

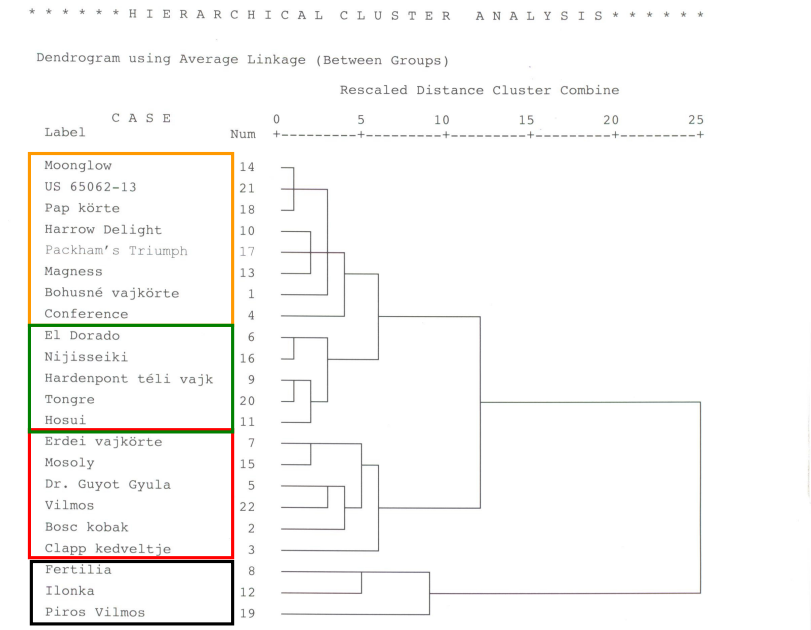


10. ábra. A körtefajták éretlen gyümölcsjeinek tűzelhalás fogékonyságából (nekrotikus folt és nyálkacsepp mérete alapján) készített cluster analízis (2001)

14. táblázat. Éretlen körtegyümölcsök fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az inokulációt követő 4. napon (2002)
Fertőzés: 2002. július 4., értékelés: július 8.

Fajták	Nekrotikus folt (mm)	Nyálkacsepp (mm)	B _{gy}
Bohusné vajkörte	12,75	1,35	2,07
Bosc kobak	15,52	5,02	2,83
Clapp kedveltje	14,83	0,30	2,75
Conference	7,62	2,79	1,54
Dr. Guyot Gyula	14,16	2,66	2,80
Eldorado	4,88	0,55	1,38
Erdei vajkörte	11,40	2,26	2,75
Fertilia Delbard	25,28	3,63	3,89
Hardenpont téli vajkörte	2,63	0,01	0,72
Harrow Delight	7,38	1,25	1,57
Hosui	3,33	0,90	0,83
Ilonka	22,31	5,37	3,47
Magness	6,36	1,47	1,61
Moonglow	10,16	0,01	2,33
Mosoly	12,75	2,25	2,25
Nijisseiki	4,58	0,01	1,33
Packham's Triumph	6,90	0,68	1,70
Pap körte	7,46	0,00	1,73
Piros Vilmos	29,33	5,94	4,67
Tongre	2,75	0,01	0,91
US 65062-13	13,61	0,01	2,47
Vilmos	13,52	4,55	2,77

B_{gy}: betegség mértéke a gyümölcsön, számított érték (0-5)



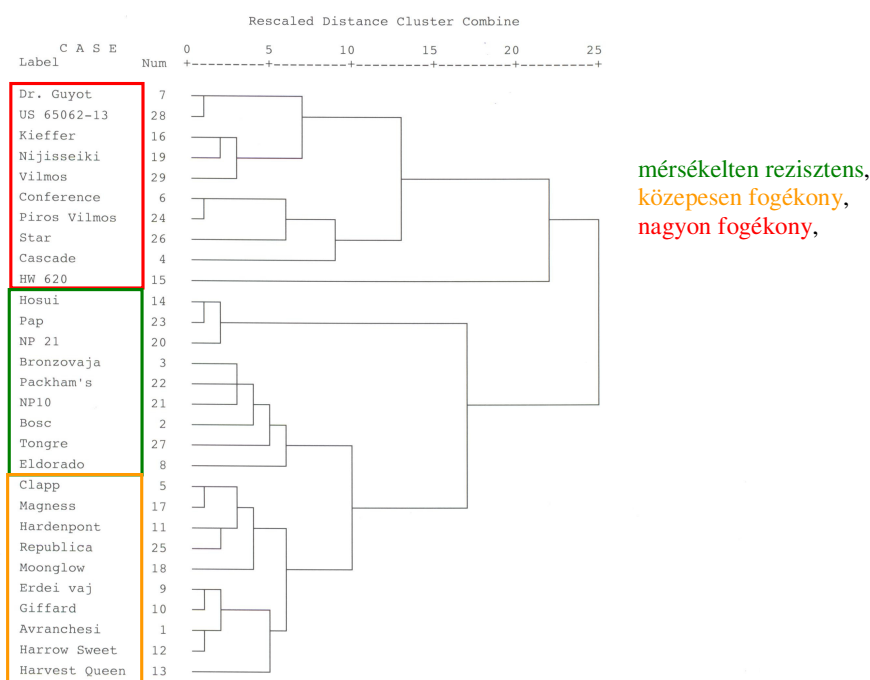
11. ábra. A körtefajták éretlen gyümölcsseinek tűzelhalás fogékonyságából (nekrotikus folt és nyálkacsepp mérete alapján) készített cluster analízis (2002)
mérsékelten rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony

15. táblázat. Éretlen körtegyümölcsök fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az inokulációt követő 4. napon (2003)

Fertőzés: 2003. június 16., értékelés: június 20.

Fajták	Nekrotikus folt (mm)	Nyálkacsepp (mm)	B _{gy}
Avranches-i jó Lujza	6,63	0,29	2,00
Bosc kobak	3,15	0,52	1,00
Bronzovaja	3,83	1,23	1,50
Cascade	11,37	4,36	2,78
Clapp kedveltje	5,90	1,30	2,30
Conference	13,48	3,48	3,30
Dr. Guyot Gyula	11,20	1,95	2,80
Eldorado	3,10	1,77	1,20
Erdei vajkörte	6,87	0,82	1,90
Giffard vajkörte	6,92	0,63	2,50
Hardenpont téli vajkörte	6,37	1,85	2,35
Harrow Sweet	6,81	0,46	2,38
Harvest Queen	8,06	0,00	1,63
Hosui	1,22	0,03	1,10
HW 620	16,74	5,76	2,78
Kieffer	9,78	1,74	2,57
Magness	6,06	1,45	1,89
Moonglow	6,97	2,48	3,40
Nijisseiki	9,26	1,50	3,00
NP 21	0,64	0,00	0,43
NP10	4,07	0,30	1,44
Packham's Triumph	4,57	0,94	1,56
Pap körte	1,33	0,00	0,70
Piros Vilmos	13,63	3,81	4,22
Republica	6,03	2,25	2,20
Star	13,73	1,95	3,70
Tongre	5,17	0,39	2,00
US 65062-13	11,27	1,87	3,50
Vilmos	8,70	1,87	2,20

B_{gy}: betegség mértéke a gyümölcsön, számított érték (0-5)



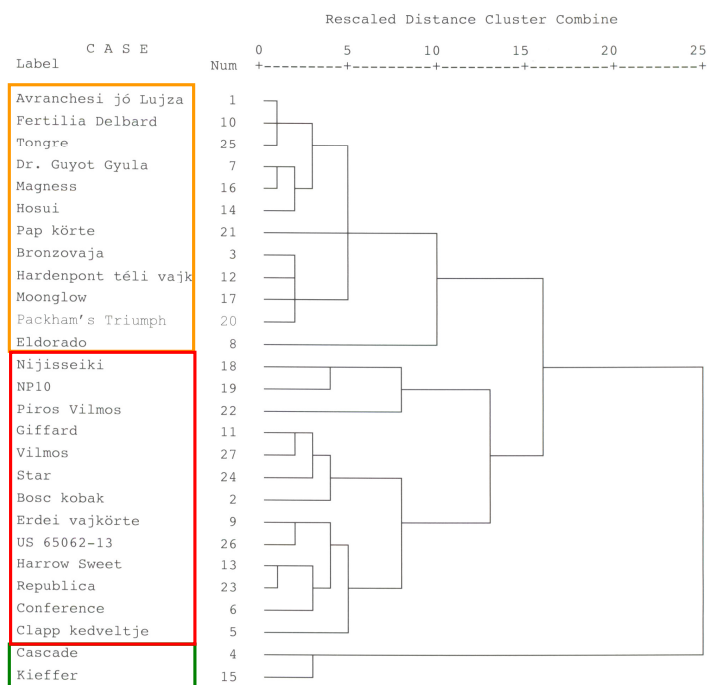
12. ábra. A körtefajták éretlen gyümölcseinek tűzelhalás fogékonyságából (nekrotikus folt és nyálkacsepp mérete alapján) készített cluster analízis (2003)

16. táblázat. Éretlen körtegyümölcsök fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az inokulációt követő 4. napon (2004)

Fertőzés: 2004. június 19., értékelés: június 23.

Fajták	Nekrotikus folt (mm)	Nyálkacsepp (mm)	B _{gy}
Avranches-i jó Lujza	6,19	1,88	2,00
Bosc kobak	11,63	3,33	3,00
Bronzovaja	4,83	0,67	1,67
Cascade	0,83	0,58	0,64
Clapp kedveltje	9,61	1,43	3,17
Conference	7,54	2,13	2,50
Dr. Guyot Gyula	6,29	1,08	1,83
Eldorado	3,90	3,23	2,17
Erdei vajkörte	9,25	2,88	3,67
Fertilia Delbard	6,17	1,96	2,00
Giffard vajkörte	10,54	2,71	3,50
Hardenpont téli vajkörte	4,88	1,08	1,33
Harrow Sweet	8,25	2,13	2,25
Hosui	6,85	1,42	2,00
Kieffer	0,00	0,00	0,00
Magness	6,50	1,33	2,17
Moonglow	5,38	1,17	2,33
Nijisseiki	13,60	1,79	3,66
NP10	12,71	2,58	3,33
Packham's Triumph	5,33	0,50	1,50
Pap körte	6,83	0,36	1,77
Piros Vilmos	13,50	4,50	4,33
Republica	8,58	1,92	2,83
Star	10,83	3,83	3,50
Tongre	5,92	1,88	2,17
US 65062-13	8,83	2,96	3,33
Vilmos	10,63	3,13	4,00

B_{gy}: betegség mértéke a gyümölcsön, számított érték (0-5)



13. ábra. A körtefajták éretlen gyümölcseinek tűzelhalás fogékonyságából (nekrotikus folt és nyálkacsepp mérete alapján) készített cluster analízis (2004)

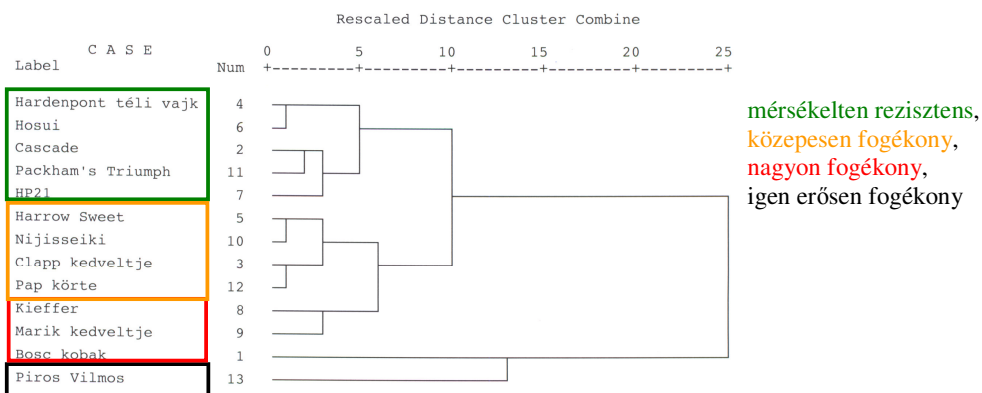
mérsékelt rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony

17. táblázat. Éretlen körtegyümölcsök fogékonysága *Erwinia amylovora* fertőzést követően az inokulációt követő 4. napon (2005)

Fertőzés: 2005. június 10., értékelés: június 14.

Fajták	Nekrotikus folt (mm)	Nyálkacsepp (mm)	B _{gy}
Bosc kobak	15,70	2,75	3,60
Cascade	4,25	1,32	1,12
Clapp kedveltje	8,25	0,00	1,00
Hardenpont téli vajkörte	0,00	0,00	0,00
Harrow Sweet	6,80	1,05	1,80
Hosui	0,71	0,13	0,33
HP21	2,27	1,13	0,72
Kieffer	11,13	2,13	3,00
Marik kedveltje	8,94	2,42	2,73
Nijisseiki	6,15	1,45	2,00
Packham's Triumph	3,80	0,00	0,80
Pap körte	11,63	0,00	1,00
Piros Vilmos	22,88	4,75	5,00

B_{gy}: betegség mértéke a gyümölcsön, számított érték (0-5)



14. ábra. A körtefajták éretlen gyümölcseinek tűzelhalás fogékonyságából (nekrotikus folt és nyálkacsepp mérete alapján) készített cluster analízis (2005)

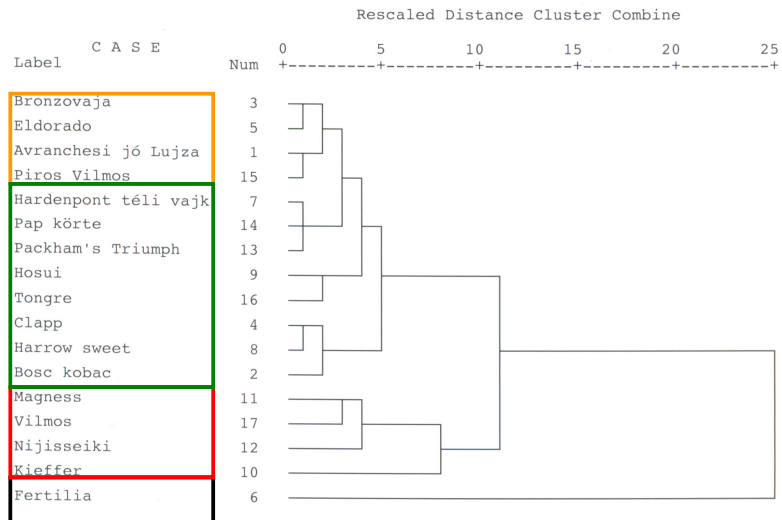
18. táblázat. Éretlen körtegyümölcsök fogékonysága *Erwinia* fertőzést követően az inokulációt követő 4. napon (2006)

Fajták	Nekrotikus folt (mm)	Nyálkacsepp (mm)	B _{gy}
Avranches jó Lujza	7,38	0,83	1,75
Bosc kobac	9,58	0,00	1,25
Bronzovaja	5,95	0,51	1,29
Clapp kedveltje	8,14	0,00	1,00
Eldorado	6,19	1,67	1,40
Fertilia Delbard	22,79	5,69	5,00
Hardenpont téli vajkörte	6,57	0,06	0,78
Harrow Sweet	8,54	0,52	2,22
Hosui	4,63	1,04	0,88
Kieffer	16,63	3,17	3,60
Magness	13,33	0,71	2,50
Nijisseiki	10,65	1,75	2,50
Packham's Triumph	7,17	0,00	1,00
Pap körte	6,17	0,00	1,00
Piros Vilmos	7,04	0,54	2,25
Shinko	15,42	1,91	2,56
Tongre	4,48	0,00	0,71
Vilmos	12,53	1,98	2,88

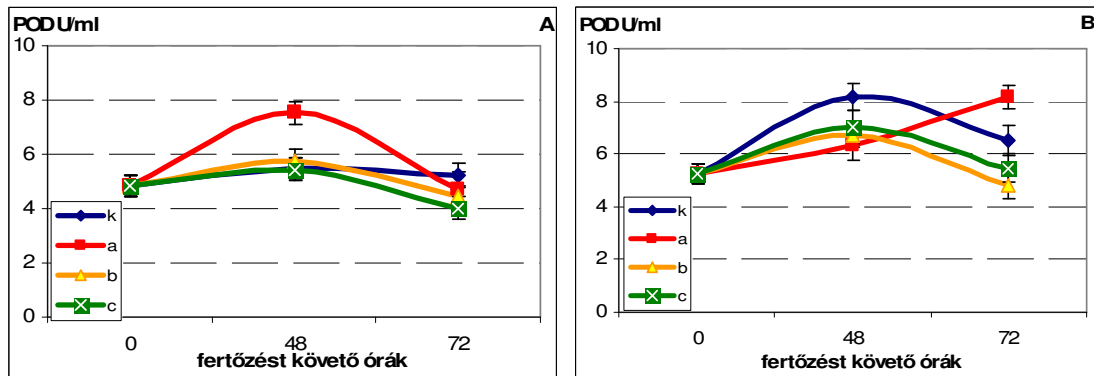
B_{gy}: betegség mértéke a gyümölcsön, számított érték (0-5)

***** H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



15. ábra. A körtefajták éretlen gyümölcsseinek tüzelhalás fogékonyaságából (nekrotikus folt és nyálkacsepp mérete alapján) készített cluster analízis (2006)
mérsékelten rezisztens, közepesen fogékony, nagyon fogékony, igen erősen fogékony



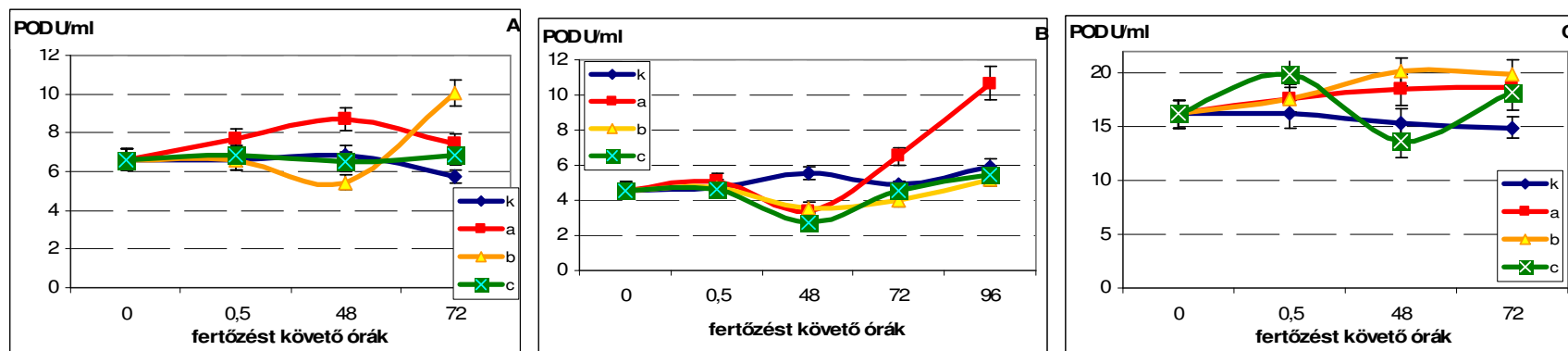
16. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás változás a 'Kieffer' (fogékony: A), a 'Packham's Triumph' (mérsékelten rezisztens: B) éretlen körtgyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003)

k: kontroll

a: inokulációs pontból vett minta

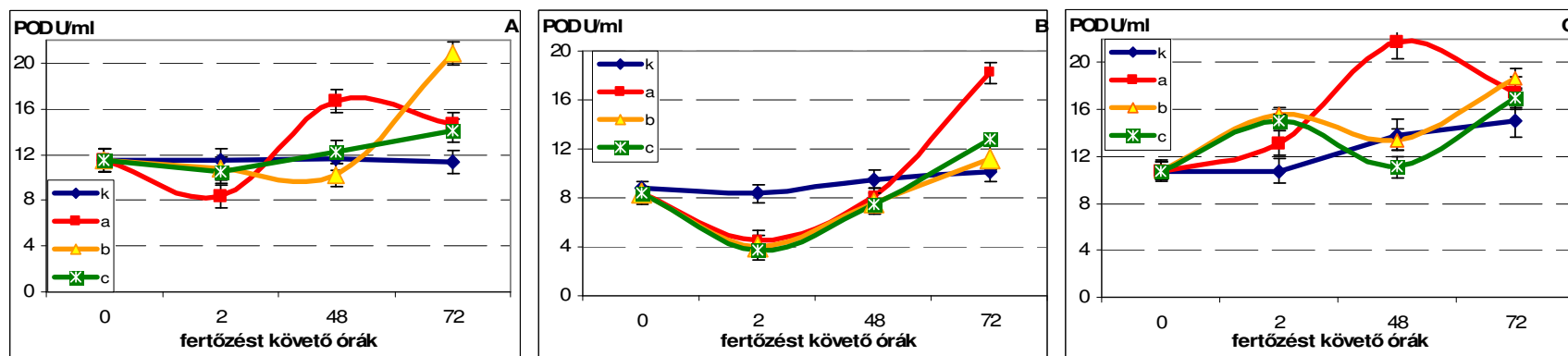
b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta

c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



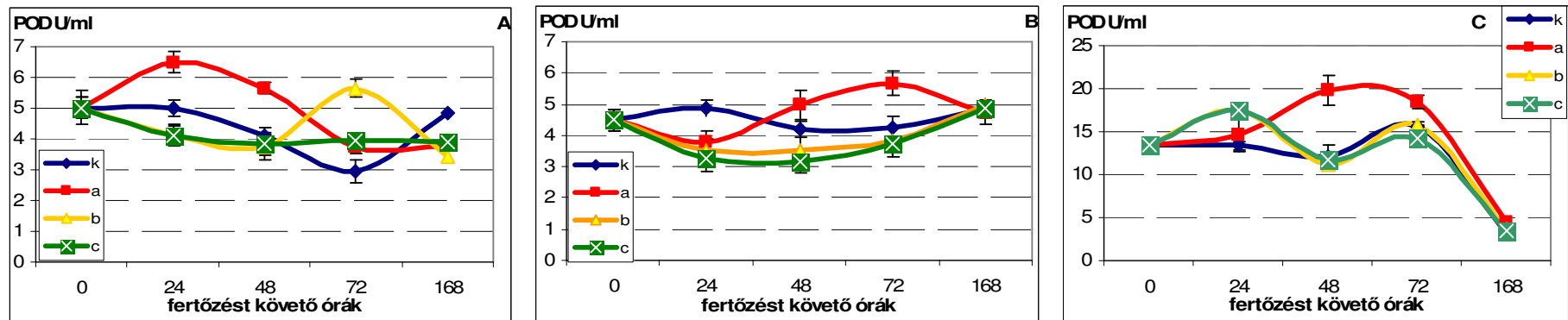
17. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás (POD) változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: **A**), a 'Pap körte' (rezisztens: **B**) és a 'Hosui' (mérsékelt rezisztens: **C**) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003)

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



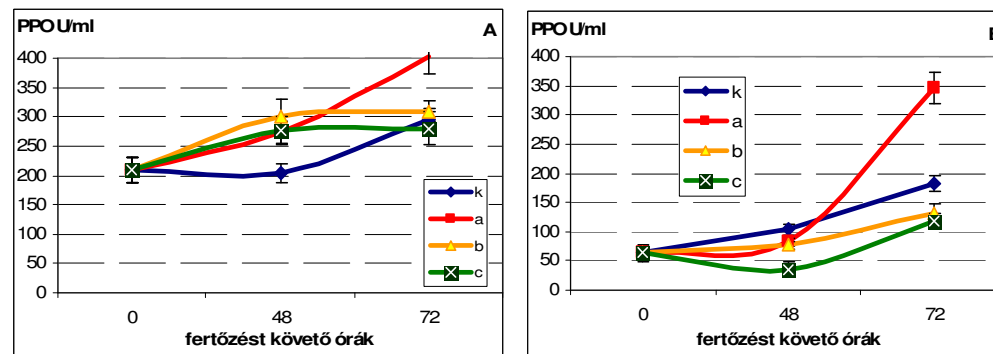
18. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás (POD) változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: **A**), a 'Pap körte' (rezisztens: **B**) és a 'Hosui' (közepesen fogékony: **C**) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2004)

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



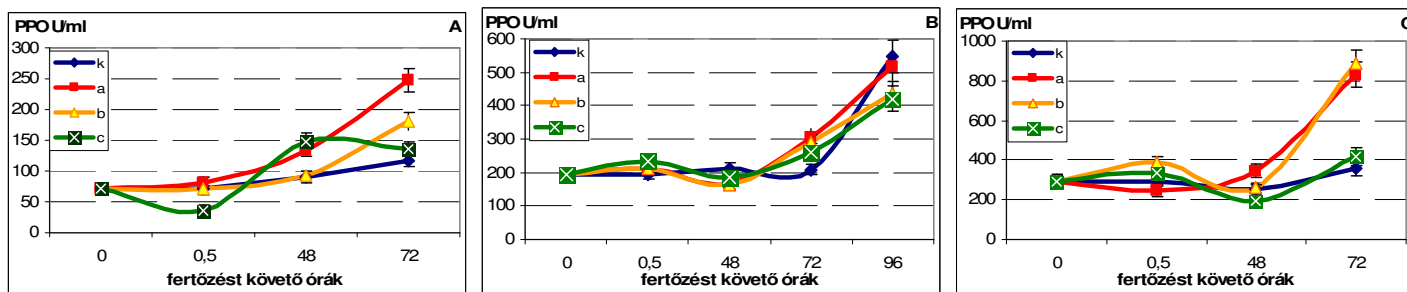
19. ábra. Peroxidáz enzimaktivitás (POD) változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: **A**), a 'Pap körte' (rezisztens: **B**) és a 'Hosui' (mérsékelten rezisztens/közepesen fogékony: **C**) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2005)

k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta

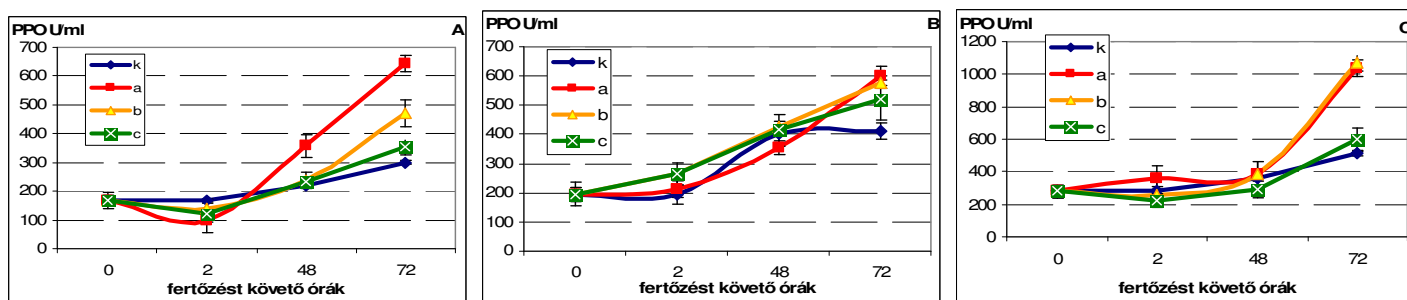


20. ábra. Polifenoloxidáz aktivitás (PPO) változás a 'Kieffer' (fogékony: **A**), a 'Packham's Triumph' (mérsékelten rezisztens: **B**) körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003)

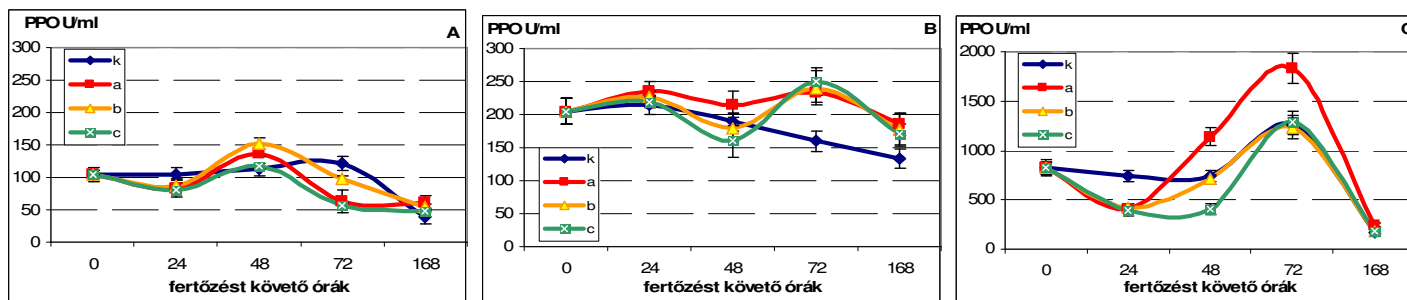
k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



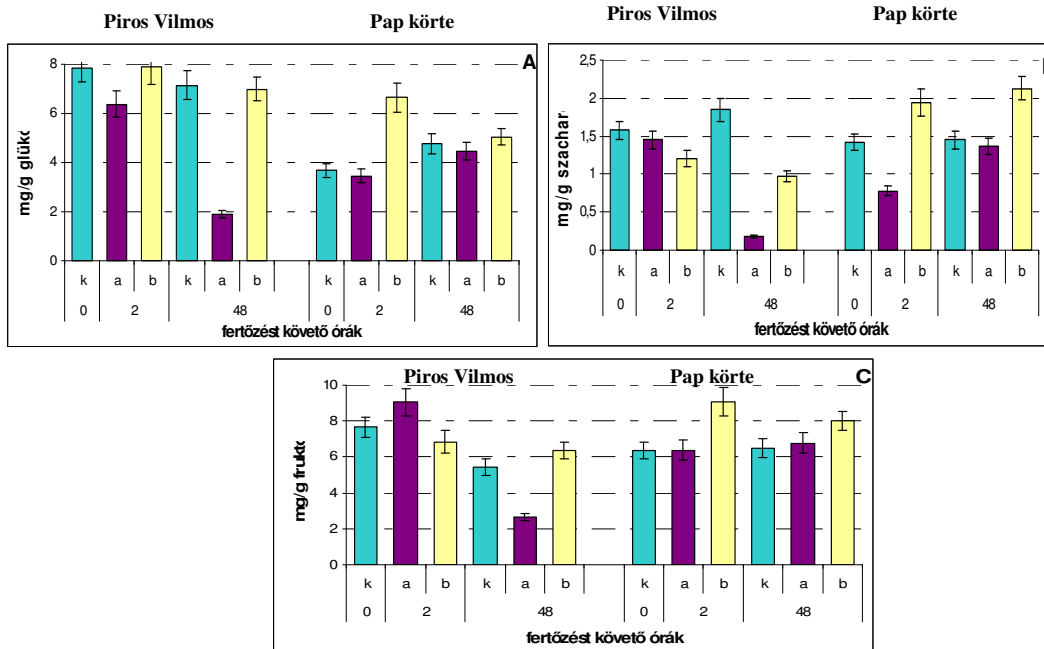
21. ábra. Polifenoloxidáz enzimaktivitás (PPO) változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: **A**), a 'Pap körte' (rezisztens: **B**) és a 'Hosui' (mérsékelten rezisztens: **C**) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2003) **k**: kontroll, **a**: inokulációs pontból vett minta, **b**: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, **c**: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



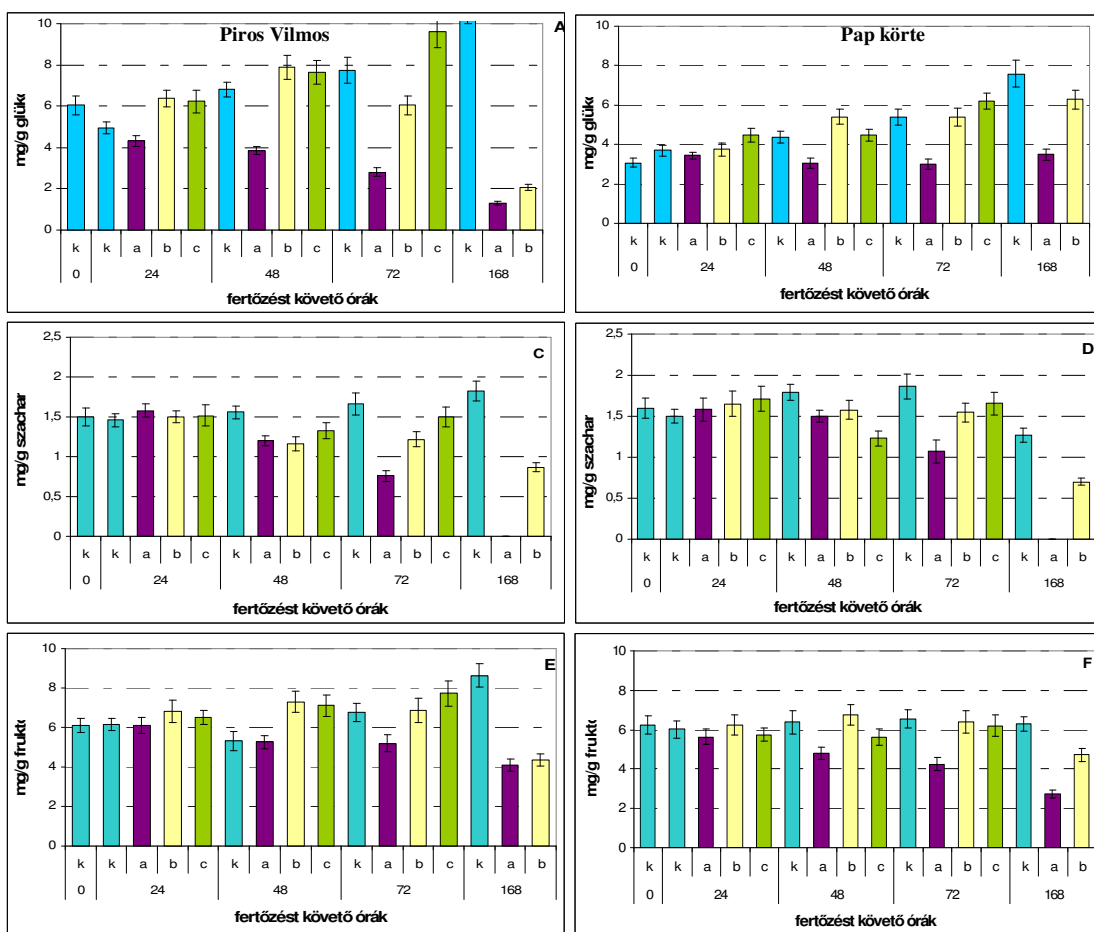
22. ábra. Polifenoloxidáz enzimaktivitás (PPO) változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: **A**), a 'Pap körte' (rezisztens: **B**) és a 'Hosui' (közepesen fogékony: **C**) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2004) **k**: kontroll, **a**: inokulációs pontból vett minta, **b**: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, **c**: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



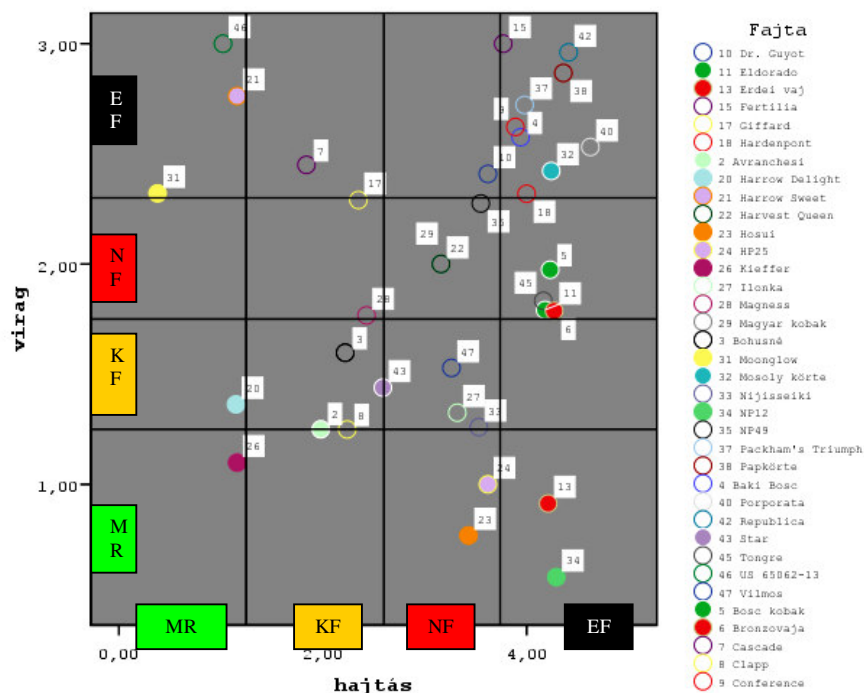
23. ábra. Polifenoloxidáz aktivitás (PPO) változás a 'Piros Vilmos' (nagyon fogékony: **A**), a 'Pap körte' (rezisztens: **B**) és a 'Hosui' (mérsékelten rezisztens: **C**) éretlen körtegyümölcsökben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2005) **k**: kontroll, **a**: inokulációs pontból vett minta, **b**: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, **c**: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



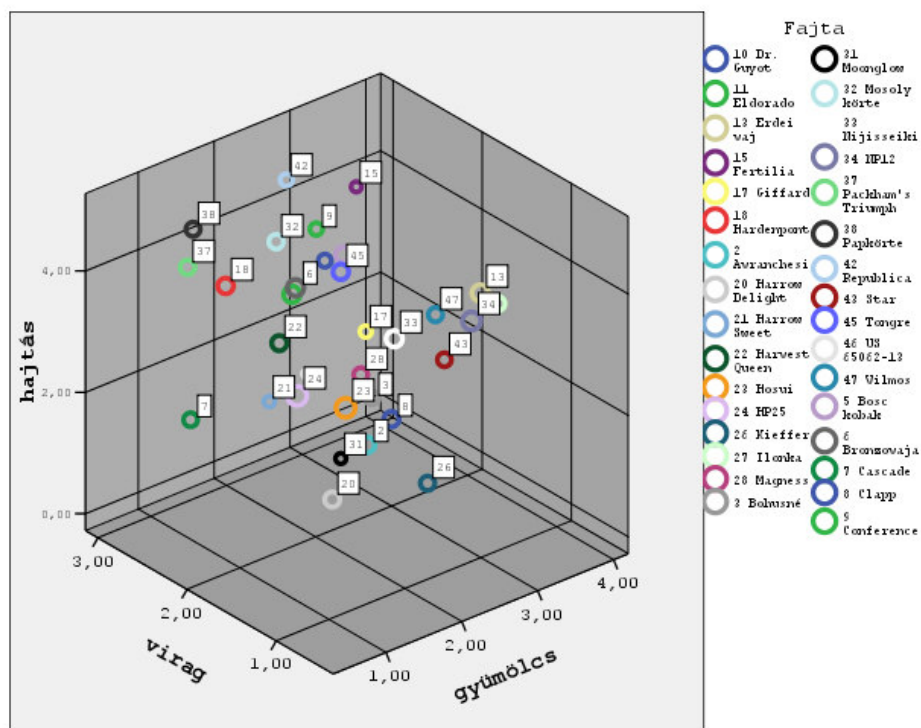
24. ábra. Glükóz (A), Szacharóz (B) és fruktóz (C) koncentráció változás a 'Piros Vilmos' (fogékony: az ábrán balra) és a 'Pap körte' (rezisztens: az ábrán jobbra) éretlen kőrtgyümölcsseiben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2004) k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta



25. ábra. Glükóz, szacharóz és fruktóz koncentráció változás a 'Piros Vilmos' (fogékony: A, C, E) és a 'Pap körte' (rezisztens: B, D, F) éretlen kőrtgyümölcsseiben *Erwinia amylovora* fertőzést követően (2005) Glükóz: A-B, Szacharóz: C-D, Fruktóz: E-F, k: kontroll, a: inokulációs pontból vett minta, b: inokulációs ponttól 1 cm-re vett minta, c: inokulációs ponttól 2 cm-re vett minta



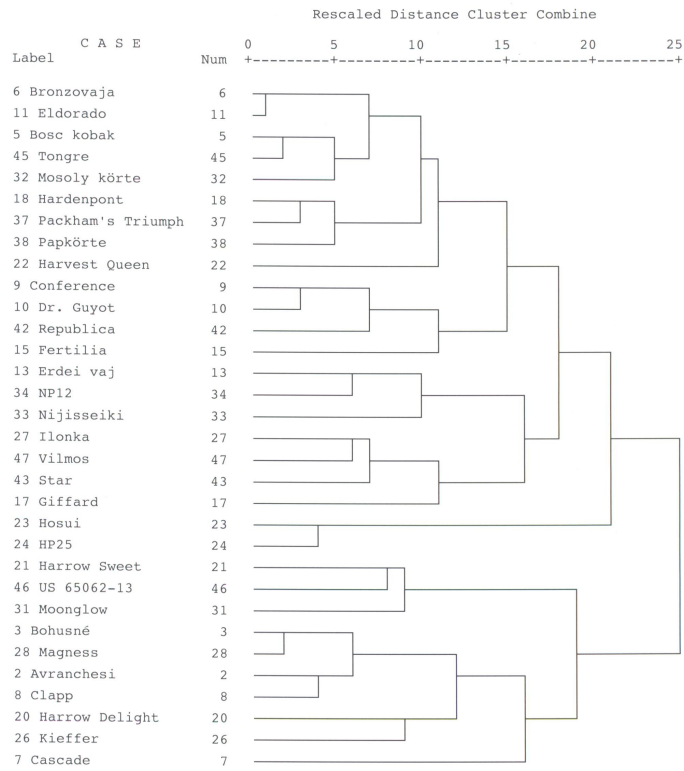
26. ábra. Körtefajták hajítás- és virágfogékonysági adatok alapján képzett fogékonysági csoportok (2001-2005)
 MR: mérsékelten rezisztens, KF: közepesen fogékony, NF: nagyon fogékony, EF: igen erősen fogékony



27. ábra. A körtefajták virágainak, hajításainak és éretlen gyümölcseinek tűzelhalás fogékonysága* tűzelhalás fertőzést követően (2001-2005) *: a betegség mértéke, számított B érték alapján

***** H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



28. ábra. A körtefajták virágainak és hajtásainak és éretlen gyümölcsseinek tűzelhalás fogékonyságából (B_v , B_h és B_{gy} értékek alapján) készített cluster analízis (2001-2005 átlaga)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Göndör Józsefné dr-nak, hogy odaadó gondossággal kísérte munkámat és kiemelkedő szakmai ismereteivel hozzájárult a körtefajtákkal kapcsolatos ismereteim gyarapításához. Hálával tartozom továbbá másik konzulensemnek dr. Hevesi Máriának, aki kivételes emberi és szakmai képességeinek köszönhetően megosztotta velem magas színvonalú bakteriológiai szaktudását és a segítséget nyújtott a fertőzések, illetve a kísérletek tervezése terén. Köszönet illeti a Gyümölcstermő Növények Tanszék vezetőjét, Dr. Tóth Magdolnát is, aki biztosította a lehetőséget a kísérletek végzéséhez és messzemenőig támogatott a munkámban. Ezúton köszönöm a Tanszék dolgozóinak a tőlük kapott mindig támogató hozzáállást, a személyes és egyúttal kollektív segítséget.

Hálás vagyok, hogy együtt dolgozhattam az Alkalmazott Kémia Tanszéken Stefanovitsné dr. Bányai Évával, aki meghatározó szerepet játszott az enzimaktivitás mérések sikeres lebonyolításában és a polifenoltartalom meghatározásában, valamint szakmai tanácsai új lendületet adtak a munkámnak. Egyúttal szeretnék köszönetet mondani Kertész Katalinnak a mérésekhez nyújtott segítségéért.

Köszönöm a Genetika és Növénynemesítés Tanszéknek a lehetőséget a méréseim elvégzéséhez, és külön köszönet illeti dr. Sárdi Évát, aki segítséget nyújtott a cukorfrakciók meghatározása terén, továbbá akinek tapasztalatai felbecsülhetetlen segítséget jelentettek a méréseim koordinálásában. Emellett a HPLC-vel való szénhidráttartalom meghatározásokat a Gyümölcstermő Növények Tanszéken dr. Végvári Györgynek köszönhetem.

A növényanyagok begyűjtésében nyújtott segítségét Szani Zsoltnak köszönöm.

Végezetül köszönöm a családomnak a biztatását és folyamatos támogatását.